



Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σχολή Γεωπονικών Επιστημών
Διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών

Αύξηση και ανάπτυξη του Switchgrass στην Θεσσαλία το έτος 2012.



Κετικίδου Όλγα

Επιβλέπων καθηγητής: Δαναλάτος Νικόλαος

Βόλος 2013

ΕΙΣΗΓΗΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νικόλαος Δαναλάτος Καθηγητής, Επιβλέπων.

Ανθούλα Δημήρκου, Καθηγήτρια, Μέλος

Ιμπραχίμ-Αβραάμ Χα, Καθηγητής, Μέλος

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	3
Περίληψη.....	6
1. Εισαγωγή	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Περιγραφή	8
1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά	8
1.4 Ποικιλίες	9
1.5 Σπορά.....	10
1.6 Αποστάσεις φύτευσης	11
1.7 Λίπανση	11
1.8 Ζιζανιοκτονία	12
1.9 Συγκομιδή	13
1.10 Αποδόσεις	14
1.11 Χρήσεις του switchgrass	15
1.11.1 Ενέργεια από βιομάζα κεχριού	15
1.11.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης από switchgrass.....	16
1.11.3 Καύση.....	16
1.11.4 Η χρήση των pellets ως νέας μορφής καύσιμο	17
2. Υλικά και μέθοδοι	19
2.1 Πειραματικό σχέδιο	19
2.2 Εργασίες στον αγρό	20
2.2.1 Σπορά	20
2.2.2 Λίπανση.....	21
2.2.3 Άρδευση	21
2.2.4 Έλεγχος ζιζανίων	21
2.2.5 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών.....	21

2.3 Συλλογή πειραματικών δεδομένων	22
2.4 Εργαστηριακές μετρήσεις.....	23
2.4.1 Επεξεργασία φύλλων.....	23
2.5 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων	25
2.6 Υπολογισμοί	25
2.6.1 Υπολογισμός θερμομονάδων (Accumulated Heat Units)	25
2.1.6.2 Υπολογισμός SLA (Specific Leaf Area)	27
2.1.6.3 Υπολογισμός LAI (Leaf Area Index)	27
3.1 Κλιματολογικές συνθήκες.....	29
3.2 Αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας.....	33
3.2.1 Ύψος φυτών.....	33
3.2.2 Ειδική Φυλλική Επιφάνεια και Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας	36
3.2.3 Συνολικό Χλωρό Βάρος Φυτών	40
3.2.4 Συνολικό ξηρό βάρος φυτών.....	42
Συμπεράσματα	45
Βιβλιογραφία.....	47

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα μέσα από αυτές τις λιγοστές γραμμές να εκφράσω τις ευχαριστίες μου πρωτίστως στον Καθηγητή κ. Νικόλαο Δαναλάτο για την ευκαιρία μου έδωσε για την εκπόνηση της μεταπτυχιακής μου διατριβής στα ενεργειακά φυτά αλλά και για την πολύτιμη βοήθειά του ώστε να έρθει εις πέρας η μελέτη αυτή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κα. Ανθούλα Δημήρκου και τον Καθηγητή κ. Ιμραχίμ-Αβραάμ Χα για τον χρόνο που διέθεσαν για τη διόρθωση και τις παρατηρήσεις στη μεταπτυχιακή μου διατριβή.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γιαννούλη Κυριάκο για την πολύτιμη βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αμέριστη ηθική συμπαράσταση, αλλά κυρίως για την οικονομική ενίσχυσή τους και τις θυσίες που έκαναν όλα αυτά τα χρόνια ώστε να καταφέρω να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου.

Περίληψη

Το switchgrass, είναι μία πολυετής καλλιέργεια θερμής περιόδου, η οποία καλλιεργείται ως επί το πλείστο στις Η.Π.Α. Ως C4 φυτό, το switchgrass είναι πολύ αποδοτικό σε βιομάζα, η οποία είναι πλούσια σε κυτταρίνη, με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη καλλιέργεια να αποτελεί σημαντική πηγή για την παραγωγή βιο-αιθανόλης και γενικότερα για την παραγωγή ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί, ότι η καλλιέργεια φτάνει στη μέγιστη δυνατή απόδοση στον τρίτο χρόνο εγκατάστασης και συνεχίζει να παράγει βιομάζα για χρονικό διάστημα μέχρι και δώδεκα χρόνων. Η εγκατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να παρεμποδιστεί σοβαρά από την ύπαρξη ζιζανίων, ειδικά κατά τον πρώτο χρόνο εγκατάστασης και ενώ δεν έχει αναπτύξει βαθύ ριζικό σύστημα.

Στην παρούσα μελέτη, εξετάζεται η αύξηση και ανάπτυξη του switchgrass κάτω από δύο διαφορετικά επίπεδα άρδευσης (0 και 250 mm) και τέσσερα διαφορετικά επίπεδα N-λίπανσης (0, 8, 16, 24 μονάδες αζώτου) στην περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας και στο Πειραματικό Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες.

Στην αρχή της ανάπτυξής του το φυτό είχε στην διάθεσή του και στις δύο περιοχές υψηλές θερμοκρασίες και αρκετή βροχόπτωση, γεγονός που εξηγεί την αρχική ανάπτυξη του ύψους του με μεγάλο ρυθμό ανάπτυξης. Το ύψος του φυτού στην περιοχή του Παλαμά έφτασε τα 2,5 m, ενώ στην περιοχή του Βελεστίνου τα 2 m.

Οι αποδόσεις της καλλιέργειας ήταν πολύ ικανοποιητικές με το ξηρό βάρος για την περιοχή του Παλαμά να φτάνει τα 2875 kg/στρ και 2605 kg/στρ για την ποτιστική και την ξηρική μεταχείριση. Στην περιοχή του Βελεστίνου το ξηρό βάρος έφτασε τα 2002 kg/στρ και τα 1075 kg/στρ για την ποτιστική και ξηρική μεταχείριση αντίστοιχα.

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Το επιστημονικό όνομα του switchgrass είναι *Panicum virgatum* και ανήκει στην οικογένεια *Poaceae*. Είναι πολυετές C4 αγρωστώδες φυτό και το ύψος του όταν καλλιεργείται σε ευνοϊκές συνθήκες μπορεί να ξεπεράσει τα 2m, είναι αρκετά φυλλώδες και έχει πολυάριθμες ρίζες, που επιτρέπουν στο φυτό να αδελφώνει. Η καλλιέργεια παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα αφού μπορούν να παραχθούν σημαντικές ποσότητες βιομάζας ακόμη και σε συνθήκες μειωμένων εισροών (άρδευσης, λίπανσης κτλ). Συναντάται κυρίως στην Κεντρική και Βόρεια Αμερική, αλλά έχει βρεθεί σε Νότια Αμερική και Αφρική. Το switchgrass μπορεί να βρεθεί σε λιβάδια, κατά μήκος των ακρών του δρόμου, και ως διακοσμητικό στους κήπους. Στην Ελλάδα καλλιεργείται σε πειραματικό στάδιο για την παραγωγή υγρών ή στερεών βιοκαυσίμων ή βιομηχανικές πρώτες ύλες. Το switchgrass είναι πολύ ανθεκτικό φυτό και προσαρμόζεται σε διάφορες κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες. Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Ως εαρινό πολυετές C₄ φυτό, το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξής του εμφανίζεται από το τέλος της άνοιξης με αρχές φθινοπώρου και πέφτει σε αδράνεια κατά τους κρύους μήνες. Το switchgrass αποτελεί σημαντική ενεργειακή καλλιέργεια με δυνατότητα αξιόπιστης παροχής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ενώ επίσης δεσμεύει τον C στο έδαφος (Skinner R. H. and Adler P.R., 2010).

1.2 Περιγραφή

Το switchgrass (*Panicum virgatum* L.) είναι πολυετές C₄, αγροστώδες φυτό ιθαγενές της Β. Αμερικής και απαντάται νότια του 55° βόρειου γεωγραφικού πλάτους έως τα μέσα του Μεξικού. Συναντάται επίσης τόσο στη Ν. Αμερική όσο και στη Β. Αφρική. Χρησιμοποιείται κυρίως ως χορτοδοτικό λόγω της μεγάλης φυτομάζας που παράγει, ως διακοσμητικό σε πολλά μέρη του κόσμου και ως φυτό εδαφοκάλυψης για προστασία από την διάβρωση. Μετά τη εγκατάστασή του, το switchgrass μπορεί να επιβιώσει για δέκα χρόνια ή και περισσότερο.

Το switchgrass είναι πολύ ανθεκτικό φυτό και προσαρμόζεται σε διάφορες κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες. Η διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Η παραγωγική σεζόν στις βόρειες περιοχές μπορεί να είναι συντομότερη από τρεις μήνες, αλλά μπορεί και να φτάσει μέχρι και τους οκτώ μήνες στην ακτή του Περσικού Κόλπου (Ball D.M. et al, 2002).

Από τις αρχές της δεκαετίας του '90 άρχισε να διερευνάται η χρήση του ως ενεργειακό φυτό για την παραγωγή αιθανόλης και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση της παραγόμενης βιομάζας, στις ΗΠΑ και τον Καναδά. Στην Ευρώπη, η έρευνα για την καλλιέργεια του switchgrass ως ενεργειακό φυτό άρχισε το 1998 στο πλαίσιο ενός ευρωπαϊκού δικτύου (FAIR 5 CT97 3701). Στο πλαίσιο αυτού του έργου, δημιουργήθηκαν πειραματικοί αγροί switchgrass σε πέντε ευρωπαϊκές χώρες, δύο στα νότια (Ελλάδα και Ιταλία) και τρεις στο Βορρά (Γερμανία, Ολλανδία και Ηνωμένο Βασίλειο). (Lewandowski et al., 2003).

1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Το Switchgrass είναι μια πολυετής πόα η οποία αναπτύσσεται σε ύψος 1,5 μέτρο περίπου, αλλά μπορεί να φθάσει και τα 3 μέτρα σε ευνοϊκά περιβάλλοντα (εικόνα). Το ριζικό του σύστημα είναι πλούσιο και φθάνει σε βάθος τα 3 μέτρα (Liebig et al, 2005), ενώ παράγει κάθε χρόνο πολλά νέα ριζίδια, τα οποία όταν νεκρώνονται εμπλουτίζουν το έδαφος με οργανική ουσία. Μάλιστα η κάτω από το έδαφος παραγωγή βιομάζας στην πλήρη ανάπτυξη καλλιέργειας, είναι ίση ή και μεγαλύτερη με την υπέργεια.

Τα φύλλα του είναι λογχοειδή πάχους 6-12 χιλ. με ευδιάκριτη νεύρωση και με παρουσία τριχιδίων στην πάνω επιφάνεια χαρακτηριστικό που βοηθάει στη μείωση της εξατμισοδιαπνοής. Έχει γλωσσίδια μήκους 1,5-3 χιλ. μεμβρανώδη με τριχίδια.

Η ταξιανθία είναι σύνθετος βότρυς μήκους 15-45 εκατοστών, με κατάληξη σε σταχίδια στις άκρες των μακριών κλάδων, τα οποία είναι ανθισμένα ανά δύο, ένα γόνιμο και ένα στείρο, μήκους 3-5,5 χιλ.

Ο καρπός, είναι μικρός ωοειδής και οι σπόροι μικροί σε μέγεθος. Η καλλιέργεια του switchgrass για σπόρο μπορεί να παράγει 33-56 κιλά σπόρου ανά στρέμμα. Χρειάζεται μάλιστα σταυρογονιμοποίηση αφού είναι αυτόστειρο (Frank et al, 2004).²



1. Φυτικό στέλεχος switchgrass

2. Σπόροι

1.4 Ποικιλίες

Υπάρχουν δύο γενότυποι-οικότυποι. Ο ένας οικότυπος πεδινών περιοχών (lowland) είναι τετραπλοειδής (γενότυπος) και απαντάται σε περιοχές με εύρωστα φυτά και ο δεύτερος (upland) είναι εξαπλοειδής ή οχταπλοειδής (γενότυποι) ο οποίος βρίσκεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα (οικότυπος ορεινών περιοχών). Οι upland ποικιλίες switchgrass σταματούν την αύξηση –ανάπτυξη το φθινόπωρο και κατά συνέπεια, η απόδοση είναι κατά κανόνα χαμηλότερη από άλλες πεδινές ποικιλίες

switchgrass κάτω από ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες. Μία ποικιλία upland και μια lowland παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες.



3.Lowland ποικιλία

4.Upland ποικιλία

1.5 Σπορά

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας γίνεται με σπόρους και στην Ελλάδα λαμβάνει χώρα το Μάιο όταν η θερμοκρασία εδάφους ξεπεράσει τους 10-15 °C. Οι σπόροι του switchgrass, είναι μικροί και σκληροί και έχουν γυαλιστερό περίβλημα. Υπάρχουν 500-1000 σπόροι σε ένα γραμμάριο, με το εύρος αυτό να εξαρτάται, από τον γενότυπο, αλλά και την ποικιλία. Κατά την σπορά θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα η βλαστικότητα του σπόρου. Μελέτες έχουν δείξει ότι το φύτευμα εξαρτάται από την ηλικία του σπόρου (οι πρόσφατα μαζεμένοι σπόροι έχουν υψηλό ποσοστό λήθαργου και χρειάζεται να επιδράσουν θερμοκρασίες 5 °C για 2-4 εβδομάδες για να διακοπεί).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το φύτευμα του σπόρου είναι το βάθος, η θερμοκρασία, η υγρασία του εδάφους. Το βάθος σποράς, πρέπει να είναι, από 10mm έως 15mm και σε καμία περίπτωση πάνω από 20mm. Η θερμοκρασία εδάφους πρέπει να είναι πάνω από 10 °C. Η υγρασία του εδάφους, η οποία είναι μεν απαραίτητη, αλλά πρέπει να αποφεύγεται η σπορά σε πολύ υγρά χωράφια.

Επιπρόσθετα κατά τη σπορά παίζει ρόλο η καλή επαφή του σπόρου με το έδαφος. Το κυλίνδρισμα, τόσο πριν όσο και μετά την σπορά γενικά ευνοεί, το φύτευμα, χρειάζεται προσοχή όμως, το ποσοστό της εδαφικής υγρασίας λόγω πιθανής συμπίεσης ή σχηματισμού επιφανειακής κρούστας. Οι σπόροι που σπάρθηκαν σε χαλαρή σποροκλίνη ήταν περισσότερο επιρρεπείς στο πλάγιασμα.

Η ποσότητα του απαιτούμενου σπόρου έχει υπολογισθεί για την βόρεια Ευρώπη περίπου στα 10 kg/ha και για την νότια 20 kg/ha, ενώ η ποσότητα μπορεί να μειωθεί στο μισό εφόσον η βλαστικότητα του σπόρου είναι άριστη (Monti A. et al, 2007).

Η ελάχιστη θερμοκρασία φυτρώματος είναι 10 °C, όμως σε θερμοκρασίες κάτω από 15,5 °C το φύτευμα καθυστερεί αρκετά, ενώ στους 29,5 °C οι περισσότεροι σπόροι φυτρώνουν σε 3 ημέρες (Lewandowski I. et al, 2003). Ο οικοτύπος και η ποικιλία βέβαια είναι αυτό που καθορίζει τελικά τις ανεκτικές αλλά και τις βέλτιστες θερμοκρασίες φυτρώματος.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι εδαφικές συνθήκες θερμοκρασίας, και υγρασίας κατά την σπορά, πρέπει να είναι παρόμοιες με αυτές της σποράς του καλαμποκιού, το χώμα ψιλόχωματισμένο και κυλινδρισμένο. Πρέπει να γίνεται πότισμα φυτρώματος και κατόπιν ποτίσματα σε διαστήματα των 7-10 ημερών αυξάνουν το ποσοστό των εγκατεστημένων φυτών (McLaughlin S.B., Kszos L.A., 2005).

1.6 Αποστάσεις φύτευσης

Η σπορά μπορεί να γίνει με την σπαρτική των σιτηρών, οι δε αποστάσεις μεταξύ των σειρών πρέπει να είναι 15cm (Eldersen H. et al, 2004). Οι αποστάσεις των σειρών όπως και τα επίπεδο του αζώτου φαίνεται ότι επηρεάζουν την δέσμευση του C, αλλά και την κατανομή του μεταξύ του υπέργειου μέρος του φυτού και των ριζών. Η αποθήκευση του C στους βλαστούς ήταν μεγαλύτερη κατά 14% με διάστημα σειρών 80 cm από ότι με 20 cm. Στην Ευρώπη δεν έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο μεγάλες αποστάσεις σποράς. (Eldersen H. et al, 2004)

1.7 Λίπανση

Οι περισσότερες έρευνες για την λίπανση της καλλιέργειας έχουν δώσει έμφαση για την χρήση του switchgrass ως ζωοτροφή. Η λίπανση επηρεάζει όχι μόνο την απόδοση αλλά και την ποιότητα της ζωοτροφής. Περισσότερη αζωτούχος λίπανση μπορεί να δώσει όχι μόνο υψηλότερες αποδόσεις αλλά και ζωοτροφή καλύτερης ποιότητας. Πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι η ποσότητα λιπάσματος N

που προτείνεται για την καλλιέργεια είναι πολύ υψηλότερη απ' ό τι απαιτείται για την παραγωγή βιομάζας. Για την παραγωγή αιθανόλης υψηλής ποιότητας απαιτείται χαμηλή περιεκτικότητα σε N. Το N μειώνει την αποδοτικότητα μετατροπής του καυσίμου σε ενέργεια και μπορεί να μετατραπεί σε ατμοσφαιρικό ρύπο.

Υπερβολική λίπανση μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης και δυσκολίες στην συγκομιδή. Αντίθετα, η μειωμένη λίπανση ενδέχεται να έχει σημαντική επίπτωση στην παραγωγή. Συνήθως 5-6 kg/στρ/ έτος επαρκούν για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. (Samson,2007)

Το switchgrass θεωρείται πολύ αποδοτικό στην χρήση λιπασμάτων, διατηρεί συμβιωτική σχέση με μύκητες του εδάφους (**mycorrhizae**), οι οποίοι καθιστούν τις θρεπτικές ουσίες που βρίσκονται στο έδαφος διαθέσιμες στο ριζικό σύστημα του φυτού. Το switchgrass έχει την δυνατότητα να εξάγει άζωτο από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι το switchgrass μπορεί να αυξήσει την γονιμότητα του εδάφους με καθόλου ή ελάχιστη λίπανση. Τα μυκόριζα θεωρούνται υπεύθυνα για την πρόσληψη του φωσφόρου από το έδαφος, εδάφη φτωχά σε P ίσως μειώσουν την παραγωγή βιομάζας. (ATTRA,2006)

Ο P και το K πρέπει να εφαρμόζονται την πρώτη χρονιά και μόνο αν οι εδαφολογικές αναλύσεις δείξουν χαμηλή διαθεσιμότητα εδάφους, συνήθως λίπανση με P και K πραγματοποιείται το 2^ο και 3^ο έτος και μόνο αν κριθεί απαραίτητο. Η λίπανση με P εξαρτάται από το pH του εδάφους, συνήθως συστήνεται λίπανση με P από 0-35kg/ha ανάλογα με τις εδαφολογικές αναλύσεις. Όταν κρίνεται αναγκαίο γίνεται πριν ή κατά την σπορά ενώ δεν πρέπει να γίνει λίπανση με N στην σπορά γιατί κάτι τέτοιο θα προκαλέσει ταχύτερη ανάπτυξη ζιζανίων. Με την συγκομιδή αργά τον χειμώνα ή την άνοιξη οι απαιτήσεις σε P και K ελαχιστοποιούνται. (James et al,2000)

1.8 Ζιζανιοκτονία

Ο έλεγχος των ζιζανίων είναι κρίσιμος κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και μπορεί να ολοκληρωθεί είτε με μηχανική κατεργασία είτε με ζιζανιοκτονία. Λόγω του μικρού μεγέθους του σπόρου, τα φυτά αναπτύσσονται αργά και είναι ευαίσθητα στον ανταγωνισμό των ζιζανίων. Τα ζιζάνια μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας κυρίως τις 8 πρώτες εβδομάδες. Δυστυχώς δεν υπάρχει κανένα ζιζανιοκτόνο αποτελεσματικό για τον

έλεγχου των ζιζανίων στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού (Χρήστου et al, 2006).

Ο ανταγωνισμός των ζιζανίων είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για το πρώτο έτος της καλλιέργειας, από το δεύτερο έτος ο έλεγχος γίνεται λιγότερο δύσκολος και πιο οικονομικός. Το switchgrass ωφελείται επίσης από το κάψιμο των υπολειμμάτων της καλλιέργειας πριν την έναρξη της ανάπτυξης την άνοιξη καίγοντας τους αγρούς μια φορά ανά 3-5 έτη μειώνεται ο ανταγωνισμός των ζιζανίων και υποκινείται η αύξηση των κομμένων φυτών.

Ο καλύτερος έλεγχος των ζιζανίων δόθηκε απ' το μεταφυτρωτικό ζιζανιοκτόνο nicosulfuron που εφαρμόστηκε σε μειωμένες δόσεις (1-2 g/στρ) σύμφωνα με έρευνα (Alexopoulou et al, 2008) σε προφυτρωτικά και μεταφυτρωτικά ζιζανιοκτόνα σε συνδυασμό με άλλες καλλιεργητικές πρακτικές σε καλλιέργεια 1^{ου} έτους switchgrass.

Πρακτικά συστήνεται:

1. Εφαρμογή glyphosate (Royn-d-up)
2. Κοπή ζιζανίων 2-3 φορές κατά την διάρκεια της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου, η κοπή είναι πιο αποτελεσματική για τα ετήσια ζιζάνια όταν γίνει στο στάδιο ωρίμανσης αλλά πριν δώσουν σπόρο, με αυτή την μέθοδο μειώνονται και τα πολυετή ζιζάνια.(Alexopoulou et al, 2008)

1.9 Συγκομιδή

Το switchgrass που προορίζεται για παραγωγή βιομάζας, η συγκομιδή γίνεται μια φορά το έτος στο στάδιο που τα φύλλα κιτρινίσουν. Στην χειμερινή συγκομιδή η κοπή γίνεται 10cm από την επιφάνεια του εδάφους για να επιβιώσει η καλλιέργεια τον χειμώνα. Η συγκομιδή γίνεται είτε στα μέσα χειμώνα (Νοέμβριο – Ιανουάριο) είτε νωρίς την άνοιξη (μέσα Απριλίου – τέλη Μάιου). Όταν η υγρασία είναι κάτω από 15% εξασφαλίζεται γρηγορότερη δεματοποίηση και καλύτερης ποιότητας πρώτη ύλη. Το switchgrass καίγεται με ποσοστό υγρασίας 12-13%. (A Publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, Switchgrass as a bioenergy crop).

Συνήθως στα βαριά εδάφη ο αγρός είναι υγρός κάτι που εμποδίζει την δεματοποίηση και μεταφορά, αντίθετα τα καλά στραγγιζόμενα εδάφη προσφέρουν

μέγιστη ευελιξία στους παραγωγούς στην πρόσβαση στον αγρό ακόμη και με υγρό καιρό.

Η συγκομιδή την άνοιξη έχει το πλεονέκτημα ελέγχου των ζιζανίων και επιβίωσης της καλλιέργειας το χειμώνα. Όταν η συγκομιδή γίνεται την άνοιξη η περιεκτικότητα σε τέφρα μειώνεται από 5% που έχει κατά τη φθινοπωρινή συγκομιδή σε 3% εξαιτίας της μείωσης της περιεκτικότητας σε N. Τα φυτά που συγκομίζονται την άνοιξη έχουν υγρασία 12-14% ενώ τα φυτά που συγκομίζονται τον χειμώνα η υγρασία κυμαίνεται από 16-17%. Στην ανοιξιάτικη συγκομιδή ίσως μειωθεί η απόδοση 20-30% λόγω χειμερινού παγετού και ανέμων παρόλο που το τελικό προϊόν θα είναι καλύτερης ποιότητας. (Samson, R., 2007)

1.10 Αποδόσεις

Η καλλιέργεια συγκομίζεται μια φορά τον χρόνο, τον χειμώνα και με σωστή διαχείριση η παραγωγή στην Αμερική μπορεί να φτάσει και τους 16 t/ha συνήθως όμως η απόδοση κυμαίνεται από 8-12t/ha. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε μεσογειακές χώρες η απόδοση στην Ελλάδα ήταν 17,9t/ha ενώ στην Ιταλία 12,3t/ha (Alexopoulou et al, 2008).

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε στην Κεντρική Ελλάδα (Αλίαρτος) εκτιμήθηκαν 10 ποικιλίες ορεινές (upland) και πεδινές (lowland) για μια περίοδο έξι ετών (1998-2003). Η συγκομιδή γινόταν μια φορά τον χρόνο, τον χειμώνα, όταν η υγρασία ήταν λιγότερη από 30%. Όλες οι ποικιλίες μπήκαν στην παραγωγή το 2^ο έτος με απόδοση 17,8t/ha, το 3^ο έτος η απόδοση ήταν 17,9t/ha. Σημαντική μείωση της παραγωγής παρατηρήθηκε το 4^ο και 5^ο έτος της καλλιέργειας που έφτασε μέχρι και το 38%. Το 5^ο έτος η απόδοση ήταν 48% χαμηλότερη (9,3t/ha) σε σχέση με την μέγιστη παραγωγή του 2^{ου} και 3^{ου} έτους. Το 6^ο έτος της καλλιέργειας η παραγωγή ήταν παρόμοια με το προηγούμενο έτος (9,6t/ha). Σε πέντε από τις έξι πεδινές ποικιλίες που μελετήθηκαν (Cathage, Kanlow, SL-93-2, SL 93-3 and SL 94-1) ήταν πιο παραγωγικές σε σχέση με τις ορεινές ποικιλίες (Caddo, CIR, Forestburg, SU-94-1 and Summer) σε ποσοστό που έφτανε μέχρι και το 15% (Alexopoulou et al 2008).

1.11 Χρήσεις του switchgrass

Το switchgrass είναι μια πολλά υποσχόμενη καλλιέργεια υψηλής προστιθέμενης αξίας λόγω των χρήσεων του, της υψηλής παραγωγικότητας, των χαμηλών απαιτήσεων σε γεωργικές εισροές και των θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Keshwani D. R. and Cheng J. J., 2009)

Το switchgrass χρησιμοποιείται για βόσκησι από ορισμένα ζώα, για προστασία από τη διάβρωση του εδάφους, ως βιότοπος για την άγρια φύση, αλλά και ως ζωοτροφή. Είναι πλούσιο σε κυτταρίνη, καθιστώντας το έτσι ελκυστικό ως πηγή για κυτταρινική αιθανόλη (Schmer M. R. et al, 2008).

Όσον αφορά την προστασία του εδάφους το switchgrass είναι χρήσιμο διότι έχει ένα βαθύ ινώδες σύστημα ρίζας σχεδόν όσο είναι και το ύψος του υπέργειου τμήματος. Οι βαθιές ινώδεις ρίζες του βοηθούν στην αύξηση της παραγωγικότητας, της διαπερατότητας, και της γονιμότητας των εδαφών. Επίσης το switchgrass προφυλάσσει από τη διάβρωση των εδαφών που καλλιεργείται, και από τον αέρα και από το νερό λόγω του ύψους του (United States Department of Agriculture, 2008).

Το switchgrass είναι μια άριστη ζωοτροφή για τα βοοειδή, ενώ έχει παρουσιάσει τοξικότητα στα άλογα και στα πρόβατα μέσω των χημικών ενώσεων γνωστών ως saponins, οι οποίες προκαλούν φωτοευαισθησία και ζημία στο σκύωτι σε αυτά τα ζώα. (Johnson, A.L. et al, 2006)

1.11.1 Ενέργεια από βιομάζα κεχριού

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε ενέργεια με μια θερμοχημική μετατροπή (απευθείας καύση, πυρόλυση και αεριοποίηση) ή με ζύμωση των υδρογονανθράκων και την παραγωγή μεθανίου και βιοαιθανόλης (Hamelinck et al, 2005). Η καταλληλότητα της συγκομιδής μιας καλλιέργειας για ενεργειακούς σκοπούς, είτε με την μετατροπή της σε κάποιο καύσιμο είτε με την απευθείας καύση, μπορεί να μετρηθεί από δείκτες που απεικονίζουν το ενεργειακό περιεχόμενο, την πυκνότητα και την ευκολία ανάκτησης της αποθηκευμένης ενέργειας. Αυτοί οι δείκτες είναι που καθορίζουν τελικά την καταλληλότητα και το είδος της χρήσης, της παραγόμενης βιομάζας.

1.11.2 Παραγωγή βιοαιθανόλης από switchgrass

Η βιομηχανία παραγωγής βιοαιθανόλης χρησιμοποιεί δύο ειδών πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοαιθανόλης: α) την παραγωγή από χλωρή βιομάζα πλούσια σε άμυλα ή ζάχαρα (καλαμπόκι ή το γλυκό σόργο) και β) την παραγωγή από βιομάζα προερχόμενη είτε από υπολείμματα καλλιεργειών είτε από φυτά καλλιεργούμενα για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιώντας την κυτταρίνη, την ημικυτταρίνη και την λιγνίνη.

Η παραγωγή αιθανόλης από κυτταρινούχα υποστρώματα με την βοήθεια διαφόρων τεχνολογιών ενζυματικής υδρόλυσης, κατά τις οποίες πολυσακχαρίτες διασπώνται σε μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη) είναι μια διαδικασία που συνεχώς βελτιώνεται. Οι μονοσακχαρίτες αποτελούν την πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθανόλης (Dien B.S. et al, 2006). Το 80% του ξηρού βάρους των ποωδών ενεργειακών φυτών αποτελείται από κυτταρίνη (30%-50%), από ημικυτταρίνη (πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων σε ποσοστό 10%-40%) και από λιγνίνη (5%-20%) από τα οποία με ενζυματική υδρόλυση εκμεταλλεύσιμα είναι μόνο η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη, ενώ η τεχνολογία ενεργειακής εκμετάλλευσης της λιγνίνης διαρκώς βελτιώνεται, αφού έχει μεγάλο ενεργειακό δυναμικό (26,1 GJ/t) που πλησιάζει αυτή του κάρβουνου (McLaughlin and Walsh, 1998).

Κατά τη σύγκριση του switchgrass με το καλαμπόκι (κύρια καλλιέργεια που χρησιμοποιείται αυτή την στιγμή στις ΗΠΑ για την παραγωγή αιθανόλης) βρέθηκε ότι το switchgrass απαιτεί λιγότερη ενέργεια για τη γεωργική παραγωγή, παράγει περισσότερη ενέργεια σε βιομάζα και χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια για την επεξεργασία της βιομάζας σε αιθανόλη από ότι το καλαμπόκι. Το καθαρό ενεργειακό κέρδος υπό μορφή αιθανόλης, προερχόμενη από καλλιέργεια switchgrass, έχει βρεθεί ότι είναι υψηλότερο από αυτήν που παράγεται από καλαμπόκι, (McLaughlin, 1998).

1.11.3 Καύση

Εκτός από τη παραγωγή αιθανόλης, ένας άλλος τρόπος ενεργειακής αξιοποίησης της καλλιέργειας του switchgrass είναι και η καύση. Το ενεργειακό περιεχόμενο του είναι, συγκρίσιμο με αυτό του ξύλου, με σημαντικά χαμηλότερη αρχική περιεκτικότητα, σε υγρασία. Τα βασικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την καταλληλότητα των ενεργειακών καλλιεργειών για καύση ή αεριοποίηση είναι τα εξής: α) το συνολικό περιεχόμενο ενέργειας, β) η περιεκτικότητα σε υγρασία και γ) η χημική σύνθεση της στάχτης που παράγεται στην καύση.

Το συνολικό περιεχόμενο ενέργειας, καθορίζει την μέγιστη ποσότητα θερμότητας που μπορεί να παραχθεί και τελικά την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να δημιουργηθεί από την καύση. Για το switchgrass το περιεχόμενο ενέργειας, ποικίλει από περιοχή σε περιοχή σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Πιο συγκεκριμένα σε μελέτες που πραγματοποιηθήκαν στις ΗΠΑ (Iowa) αναφέρεται ως 16,4 GJ/t σε γεωγραφικό πλάτος όμοιο με την Ελλάδα (Lemus R. et al, 2002), 17,4 GJ/t σε περιοχές του Καναδά (Madakadze I.C. et al, 1998) και 18,4 GJ/t σε πειράματα στην Αλαμπάμα των ΗΠΑ (McLaughlin S. et al, 1996).

Το περιεχόμενο υγρασίας κατά την συγκομιδή επηρεάζει το κόστος μεταφοράς και διαχείρισης καθώς και το ανακτήσιμο επίπεδο ενέργειας. Το switchgrass συνήθως συγκομίζεται σε μεγάλες μπάλες με περιεχόμενη υγρασία 13%-15%. Αυτό το ποσοστό της υγρασίας υποβιβάζει τα ενεργειακό επίπεδο του switchgrass σε λιγότερο από 18 GJ/t .

Η περιεκτικότητα της βιομάζας του switchgrass όπως και βιομάζας που προέρχεται από άλλες καλλιέργειες, σε νάτριο, κάλιο, ασβέστιο, χλώριο και μαγνήσιο, επιδρά στην θερμική επεξεργασία, επηρεάζοντας την θερμοκρασία καύσης την περιεκτικότητα σε στάχτη και την διάβρωση των χώρων καύσης (Fahmi R. et al, 2007). Το κύριο χαρακτηριστικό της στάχτης που προάγει την διάβρωση είναι το αλκαλικό περιεχόμενο και η παρουσία πυριτικών αλάτων. Αυτά τα συστατικά χαμηλώνουν το σημείο τήξης της στάχτης με αποτέλεσμα να προσκολλάται στα εσωτερικά τοιχώματα του καυστήρα.

Όσον αφορά το ποσοστό της στάχτης, αυτό αναφέρεται 4,5%, καθώς και 6% σε πείραμα 20 διαφορετικών ποικιλιών με τις πιο αποδοτικές (Alamo, Kanalow) να έχουν το μικρότερο ποσοστό 5,2% και 5,4% αντίστοιχα (Lemus R. et al, 2002). Υπάρχουν αναφορές για ποσοστό στάχτης κάτω και του 2,5% (Samson R. and Mehdi B., 1998) με ιδιαίτερες μεταχειρίσεις τόσο κατά την επιλογή εδάφους (αμμώδη), ποικιλίας (Alamo), εποχή συγκομιδής (πολύ αργά τον χειμώνα).

1.11.4 Η χρήση των pellets ως νέας μορφής καύσιμο

Τα συσσωματώματα ή σύμπηκτα ή πελλέτες (pellets) που παράγονται από το switchgrass είναι για βιομηχανική ή για οικιακή χρήση. Η παραγωγή των πελλετών γίνεται σε μονάδες επεξεργασίας. Οι πελλέτες είναι μικρά κυλινδρικά τεμάχια συμπιεσμένης βιομάζας (από διάφορες καλλιέργειες, δασική βιομάζα, υπολείμματα

βιομηχανίας ξύλου π.χ. πριονίδια) διαφόρων μεγεθών διαμέτρου 6-8mm και μήκους 12-15 mm . Με αυτό τον τρόπο η βιομάζα μετατρέπεται σε μορφή που μπορεί να μεταφερθεί, να αποθηκευτεί, και γενικά να διαχειριστεί κατά την διαδικασία της καύσης της.

Οι πελλέτες έχουν υγρασία μέγιστο στο 8% και θερμική αξία περί τα 17-21 MJ/kg (ανάλογα με το είδος της βιομάζας), δηλαδή 2 κιλά πελλέτας ισοδυναμούν περίπου με 1 λίτρο πετρελαίου. Λόγω της ραγδαίας αύξησης της αγοράς πελλέτας για θέρμανση στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη, η βιομηχανία παραγωγής καυστήρων πελλέτας έχει κάνει μεγάλα τεχνολογικά άλματα με αποτέλεσμα οι καυστήρες πελλέτας που κυκλοφορούν στο εμπόριο σήμερα να έχουν πολύ μεγάλη απόδοση, παρόμοια πλέον (ή και μεγαλύτερη) με την απόδοση των καυστήρων πετρελαίου (80-85%).

Ενδεικτικά στην Αυστρία οι 8 στους 10 νέους λέβητες που τοποθετούνται είναι λέβητες pellets. Η Γερμανία έκλεισε το 2009 με 102.000 λέβητες εν λειτουργία και με περισσότερες από 200.000 σόμπες. Στην Ιταλία που κυριαρχεί η σόμπα pellets, έχουν τεθεί σε λειτουργία περισσότερο από 1 εκατ. τεμάχια. Η κατανάλωση των 13 εκατ. τόνων pellets στην Ευρώπη, σημαίνει απεξάρτηση από 6,5 εκατ. τόνους πετρέλαιο.

Η νέα νομοθεσία περί εκπομπών αερίων επιβάλλει αυστηρές προδιαγραφές για την κατασκευή των pellets και των χαρακτηριστικών της καύσης τους. Επίσης η γρήγορη ανάπτυξη της αγοράς, οι διαφορετικοί τύποι εμπορίας, τα διαφορετικά συστήματα θέρμανσης και διανομής αλλά και η ανάγκη για συντονισμό ήταν λόγοι οι οποίοι συνέβαλαν στην δημιουργία προτύπων ποιότητας.

2. Υλικά και μέθοδοι

2.1 Πειραματικό σχέδιο

Για τους σκοπούς της μελέτης, διεξήχθη πείραμα σε δύο διαφορετικές περιοχές, στον Παλαμά Καρδίτσας και στο Βελεστίνο, κατά την καλλιεργητική περίοδο 2012.

Το πειραματικό σχέδιο ήταν παραγοντικό 2x4 (split-plot), με 2 παράγοντες και 4 επαναλήψεις (και για τις δύο περιοχές). Οι παράγοντες ήταν:

A) Δύο διαφορετικά επίπεδα άρδευσης, και συγκεκριμένα:

- Επίπεδο I₁: 0 mm άρδευσης
- Επίπεδο I₂: 250 mm άρδευσης

B) Τέσσερα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λιπάνσεως:

- Επίπεδο N₁: 0 μονάδες αζώτου
- Επίπεδο N₂: 8 μονάδες αζώτου
- Επίπεδο N₃: 16 μονάδες αζώτου
- Επίπεδο N₄: 24 μονάδες αζώτου

N - 0	N - 8	N - 16	N - 24	I R R I G A T E D
N - 8	N - 0	N - 24	N - 16	
N - 16	N - 24	N - 0	N - 8	
N - 24	N - 16	N - 8	N - 0	
N - 24	N - 16	N - 8	N - 0	R A I N F E D
N - 16	N - 24	N - 0	N - 8	
N - 8	N - 0	N - 24	N - 16	
N - 0	N - 8	N - 16	N - 24	
BLOCK I	BLOCK II	BLOCK III	BLOCK IV	

Για τον πειραματικό αγρό στην περιοχή του Παλαμά είναι: κάθε επανάληψη (block) είχε διαστάσεις 200 m x 3,2 m (εμβαδόν 640 m²) και αποτελούνταν από 8 πειραματικά υπό-τεμάχια εμβαδού 25 m x 3,2 m = 80 m². Το σύνολο της έκτασης του πειραματικού αγρού ήταν 15 x 200 = 3000 m² (συμπεριλαμβανομένων και των διαδρόμων). Όπως φαίνεται και στο παραπάνω πειραματικό σχέδιο (σχήμα).

Για τον πειραματικό αγρό στην περιοχή του Βελεστίνου η εγκατάσταση της καλλιέργειας καταλάμβανε έκταση 33m x 55m = 1815 m² συμπεριλαμβανομένων των διαδρόμων. Κάθε επανάληψη (block) είχε διαστάσεις 7.5 m x 52 m (εμβαδόν 390 m²) και αποτελούνταν από 8 πειραματικά υπο-τεμάχια εμβαδού 7.5 m x 6.5 m = 48.75 m².

2.2 Εργασίες στον αγρό

2.2.1 Σπορά

Οι καλλιέργειες που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα είχαν εγκατασταθεί στον αγρό το έτος 2009 για τον Παλαμά και το 2010 (μετά από επανασπορά) για το Βελεστίνo. Για την εγκατάσταση τους είχε χρησιμοποιηθεί σπόρος Switchgrass (ποικιλίας Alamo). Η σπορά των τεμαχίων έγινε με σπαρτική σιτηρών. Ο απαιτούμενος σπόρος για την σπορά ήταν 800 γραμμάρια ανά στρέμμα.

2.2.2 Λίπανση

Η λίπανση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το πειραματικό σχέδιο, όπου και προβλέπονται τέσσερα επίπεδα λίπανσης ($N_1=0$, $N_2=8$, $N_3=16$ και $N_4=24$ μονάδες N). Για την λίπανση των υποτεμαχίων χρησιμοποιήθηκε νιτρική αμμωνία (46-0-0). Η εφαρμογή στην περιοχή του Παλαμά πραγματοποιήθηκε στις 3/6/2012 ενώ στην περιοχή του Βελεστίνου στις 4/6/2012.

2.2.3 Αρδευση

Κατά τη διάρκεια του πειράματος πραγματοποιήθηκαν 5 αρδεύσεις στο αρδευόμενο τεμάχιο I2 (250mm), αφού σκοπός του πειράματος ήταν και η μελέτη της αύξησης και ανάπτυξης του switchgrass σε συνθήκες, ξηρικές (I_1) αλλά και αρδευόμενες με μειωμένη χρήση νερού (I_2). Έτσι τα φυτά είχαν στη διάθεση τους το νερό των βροχοπτώσεων (I_1) και επιπλέον 250mm για το αρδευόμενο τεμάχιο (I_2).

2.2.4 Έλεγχος ζιζανίων

Δεν έγινε καμία επέμβαση για ζιζανιοκτονία γιατί η καλλιέργεια ήταν στην πλήρη ανάπτυξή της και επομένως τα φυτά ήτανε πιο ανταγωνιστικά των ζιζανίων με αποτέλεσμα την ελάχιστη εμφάνισή των.

2.2.5 Έλεγχος εχθρών και ασθενειών

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν παρατηρήθηκε καμία σοβαρή προσβολή των φυτών από εχθρούς ή ασθένειες και κατά συνέπεια δεν έγινε καμία εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων. Κρίνεται όμως σκόπιμο να αναφερθεί η ύπαρξη μεγάλης βιοποικιλότητας στην καλλιέργεια (όπως βατράχια, διάφορα είδη πουλιών κ.α).

2.3 Σύλλογή πειραματικών δεδομένων

Η αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας στην περιοχή του Παλαμά μελετήθηκε με πέντε (5) δειγματοληψίες – κοπές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

Οι δειγματοληψίες – κοπές πραγματοποιήθηκαν:

- Η πρώτη στις 5/7/2012
- Η δεύτερη στις 24/7/2012
- Η τρίτη στις 21/8/2012
- Η τέταρτη στις 8/9/2012
- Η πέμπτη στις 7/10/2012

Στην περιοχή του Βελεστίνου πραγματοποιήθηκαν έξι (6) δειγματοληψίες – κοπές κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

- Η πρώτη στις 3/7/2012
- Η δεύτερη στις 23/7/2012
- Η τρίτη στις 7/8/2012
- Η τέταρτη στις 22/8/2012
- Η πέμπτη στις 8/9/2012
- Η έκτη στις 29/9/2012

Σε κάθε κοπή επιλεγόντουσαν τυχαία όσα φυτά βρίσκονταν σε πλαίσιο 1 m² από το κάθε πειραματικό υποτεμάχιο. Η επιλογή των φυτών γινόταν συνήθως από το κέντρο του υποτεμαχίου. Αυτό έγινε γιατί παράγοντες όπως η λίπανση απαιτούν μεγάλα τεμάχια γιατί η επίδραση τους επεκτείνεται και στα αλλά τεμάχια, ώστε μεταξύ 2 τεμαχίων πρέπει να υπάρχουν περιθωριακές γραμμές, που θα εξομαλύνουν την επίδραση του περιθωρίου – border effect – ενώ οι μετρήσεις θα γίνονται στο κεντρικό τμήμα του τεμαχίου δηλαδή στις πειραματικές γραμμές.

Μετά την κοπή των φυτών μετριόταν το ύψος τους και το βάρος τους, δείγμα 20 φυτών από κάθε πειραματικό τεμάχιο τοποθετούνταν μέσα σε πλαστική σακούλα πάνω στην οποία αναγραφόταν ο αριθμός του τεμαχίου από το οποίο λήφθηκε το δείγμα. Σε κάθε κοπή, ελήφθησαν 32 δείγματα κάθε φορά.

2.4 Εργαστηριακές μετρήσεις

Αμέσως μετά τις κοπές τα επιλεγέντα φυτά μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Γεωργίας. Εκεί με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού μετρούνταν το χλωρό βάρος του δείγματος των 20 φυτών. Ακολούθως το κάθε φυτό του δείγματος τεμαχιζόταν και διαχωριζόταν σε βλαστό και φύλλα από τα οποία μετρούνταν το χλωρό βάρος και τοποθετούνταν μέσα σε χάρτινες σακούλες για ξήρανση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή του Παλαμά από την 2^η κοπή (24/7/2012) και έπειτα εκτός από τα φύλλα και τους βλαστούς τα φυτά είχαν αναπτύξει και ανθικό στέλεχος, οπότε και ακολουθήθηκε και για αυτό η ίδια διαδικασία. Στην περιοχή του Βελεστίνου η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε από την 4^η κοπή (22/8/2012) και έπειτα.

Στο Εργαστήριο Γεωργίας μετρούνταν το χλωρό βάρος τόσο των φύλλων όσο και των βλαστών αλλά και της ανθοταξίας. Η μεταφορά των υποδειγμάτων από τον αγρό στο εργαστήριο γινόταν σε όσο το δυνατό συντομότερο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό το υπόδειγμα ζυγίζονταν στο εργαστήριο. Στη συνέχεια οι βλαστοί και τα φύλλα (μετά από επεξεργασία) τοποθετούνταν μέσα σε χάρτινες σακούλες και ακολουθούσε ξήρανση τους μέσα σε κλίβανο στους 70 °C μέχρι να αποκτήσουν σταθερά βάρη. Μετά την ξήρανση (6-7 ημέρες) μετρούνταν το ξηρό τους βάρος με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας.

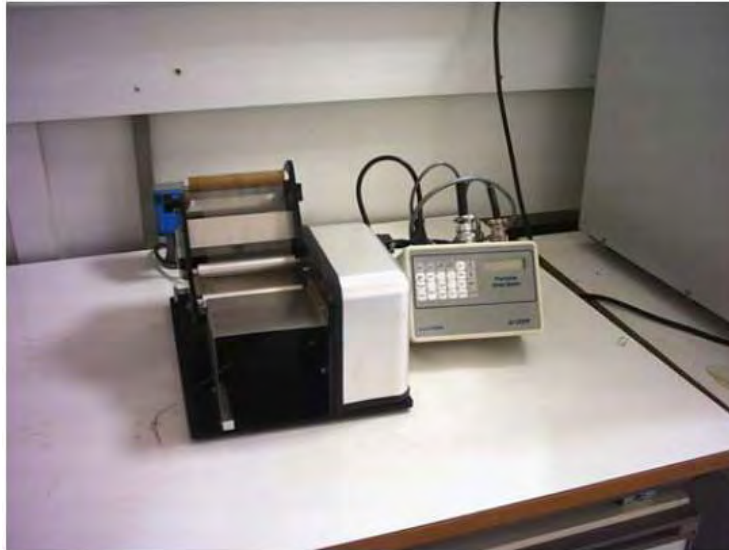
2.4.1 Επεξεργασία φύλλων

Από το κάθε δείγμα μετρούνταν το χλωρό τους βάρος όλων των φύλλων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας. Στη συνέχεια μετρούνταν η φυλλική τους επιφάνεια και κατόπιν τοποθετούνταν σε κλίβανο για ξήρανση στους 70 °C μέχρι να αποκτήσουν σταθερά βάρη. Μετά την ξήρανση (5-6 ημέρες) μετρούταν το ξηρό τους βάρος με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακριβείας.

Η επιφάνεια των χλωρών φύλλων μετρούνταν με τη βοήθεια του αυτόματου μετρητή φύλλων (leaf area meter). Το σύστημα αποτελείται από:

- Το LI-COR model LI-3000A portable area meter, που είναι ο υπολογιστής του συστήματος και αποτελείται από την οθόνη, τα πλήκτρα του υπολογιστή και τις υποδοχές για τις συνδέσεις με τα παράπλευρα όργανα.

- Την κεφαλή σάρωσης του συστήματος μέσα από την οποία περνούν τα φύλλα.
- Το εξάρτημα LI-3050A Transparent Belt Conveyer με πλαστική διάφανη ζώνη η οποία περιστρέφεται βοηθώντας τη διέλευση των φύλλων μέσα από την κεφαλή σάρωσης, για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας.



Το σύστημα LICOR

Τα τρία αυτά όργανα συνδέονται μεταξύ τους και το όλο σύστημα αποτελεί μια ηλεκτρονική μέθοδο υπολογισμού κατά προσέγγιση της φυλλικής επιφάνειας.

Πριν από τη χρήση του ανωτέρω συστήματος για τη μέτρηση της φυλλικής επιφάνειας είναι σκόπιμο να γίνει βαθμονόμηση του LI-COR με τη βοήθεια δυο μεταλλικών δίσκων εμβαδού 50 και 10 cm² που το συνοδεύουν έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή ακρίβεια μέτρησης.

Το LI-COR έχει τη δυνατότητα μέτρησης της φυλλικής επιφάνειας, του μήκους, του πλάτους και του συνολικού πλάτους των φύλλων. Οι μετρήσεις αποθηκεύονται στο LI-COR και μπορούν να μεταφερθούν σε H/Y ή σε εκτυπωτή. Το LI-COR έχει σχεδιαστεί και για απευθείας χρήση στον αγρό. Τα φύλλα στα οποία μετράται η φυλλική επιφάνεια πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση καθώς και όλοι οι χειρισμοί του οργάνου να γίνονται προσεκτικά.

Εφαρμογή: Αφού τοποθετούνταν κατάλληλα η κεφαλή σάρωσης μέσα στο LI-3050A γινόταν η σύνδεση με το LI-COR. Τα φύλλα τοποθετούνταν πάνω στην περιστρεφόμενη ζώνη με προσοχή έτσι ώστε να είναι παράλληλα με τη ζώνη και να μη διπλώνουν. Μόλις αυτά περνούσαν μέσα από την κεφαλή σάρωσης το LI-COR παρείχε τις ενδείξεις. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβανόταν για όλα τα φύλλα από κάθε

δείγμα. Οι μεμβράνες πάνω στις οποίες τοποθετούνταν τα φύλλα για να μετρηθεί η φυλλική τους επιφάνεια πρέπει να είναι πάντοτε καθαρές ώστε να μην επηρεάζεται το αποτέλεσμα.

2.5 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων

Η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων έγινε με τη βοήθεια αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται εγκατεστημένοι στους πειραματικούς αγρούς του Παλαμά Κρδίτσας και του Βελεστίνου. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί περιλαμβάνουν καταγραφέα τύπου DATALOG2 SERIES της εταιρίας SKYE INSTRUMENTS LTD., οι οποίοι απαρτίζονται από τους παρακάτω αισθητήρες μέτρησης:

- Φωτός (PYRANOMETER)
- Θερμοκρασίας (THERMISTORS)
- Βροχόπτωσης (ARG 100)
- Ταχύτητας ανέμου (THIES CLIMA)

2.6 Υπολογισμοί

2.6.1 Υπολογισμός θερμομονάδων (Accumulated Heat Units)

Για την εκτίμηση του ρυθμού φυσιολογικής ωρίμανσης μιας καλλιέργειας συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος των προστιθέμενων θερμομονάδων (Accumulated Heat Units, A.H.U.) που υπερτερεί έναντι της ημερολογιακής μεθόδου (Ritchie & Nesmith, 1991).

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι απαιτούμενες θερμομονάδες από το φύτευμα έως ένα δεδομένο φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας (π.χ. άνθιση, ωρίμανση), υπολογίζονται με την άθροιση των ημερήσιων αποτελεσματικών θερμοκρασιών πάνω από τη βασική θερμοκρασία ανάπτυξης της καλλιέργειας (threshold temperature) σύμφωνα με τον τύπο:

$$A.H.U. = \sum \left[\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_o \right]$$

όπου T_{\max} και T_{\min} είναι η μέγιστη και η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία αέρα αντίστοιχα και T_o είναι η βασική θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$). Στην περίπτωση του Switchgrass χρησιμοποιήθηκε ως βασική θερμοκρασία η τιμή των 10°C .

Πίνακας 1. Περιοχή Παλαμά.

DATES	JD*	GDD**
28/3/2010 (Βλάστηση)	87	0
5/7/2012(1^η κοπή)	186	1482
24/7/2012(2η κοπή)	205	1876
21/8/2012(3η κοπή)	233	2443
7/9/2012(4^η κοπή)	250	2840
7/10/2012(5η κοπή)	280	3295

*JD=Julian days, **GDD=Θερμομονάδες

Πίνακας 2. Περιοχή Βελεστίνου.

DATES	JD*	GDD**
2/4/2010 (Βλάστηση)	92	0
3/7/2012(1^η κοπή)	184	982
23/7/2012(2η κοπή)	204	1353
7/8/2012(3^η κοπή)	219	1640
22/8/2012(4η κοπή)	234	1890
8/9/2012(5^η κοπή)	251	2150
29/9/2012(6η κοπή)	272	2404

*JD=Julian days, **GDD=Θερμομονάδες

2.1.6.2 Υπολογισμός SLA (Specific Leaf Area)

Η ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) αντιπροσωπεύει την συνολική φυλλική επιφάνεια ανά μονάδα ξηρού βάρους της φυλλικής μάζας. Πρόκειται για μορφολογικό χαρακτηριστικό της καλλιέργειας που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ένταση ακτινοβολίας και το σχετικό στάδιο ανάπτυξης (DVS). Μερικοί συγγραφείς αναφέρουν ότι η SLA μειώνεται από μια μέγιστη τιμή κατά την περίοδο του φυτρώματος (όταν το φυτό σχηματίζει λεπτά φύλλα), μέχρι μια ελάχιστη τιμή κατά την ωρίμανση. Με βάση τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές της, η SLA μπορεί να προσδιοριστεί με τις εξισώσεις:

$$SLA = SLA_{\min} - (SLA_{\max} - SLA_{\min}) \times \ln(DVS)/2$$

$$\text{If } SLA > SLA_{\max} \text{ then } SLA = SLA_{\max}$$

όπου

SLA_{\max} είναι η μέγιστη ειδική φυλλική επιφάνεια (m^2/kg)

SLA_{\min} είναι η ελάχιστη ειδική φυλλική επιφάνεια (m^2/kg)

DVS είναι το σχετικό στάδιο ανάπτυξης

Οι εξισώσεις που εισηγούνται είναι εμπειρικές και πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή. Συνιστάται η χρήση πραγματικών δεδομένων της SLA που έχουν προκύψει από πειραματισμό στον αγρό (Δαναλάτος, 1999).

Όπως προαναφέρθηκε η SLA ισούται με το πηλίκο της επιφάνειας των φύλλων προς το ξηρό τους βάρος. Κατά συνέπεια ο υπολογισμός της SLA έγινε με βάση τις μετρήσεις της φυλλικής επιφάνειας ενός αριθμού φύλλων που μετρήθηκαν και του ξηρού τους βάρους, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$SLA = \text{Φυλλική Επιφάνεια} / \text{Ξηρό Βάρος Φύλλων}$$

Η SLA εκφράζεται συνήθως σε (m^2 φύλλων/kg ξηρών φύλλων).

2.1.6.3 Υπολογισμός LAI (Leaf Area Index)

Η φυλλική επιφάνεια εκφράζεται με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), ο οποίος ισούται με τη συνολική επιφάνεια των φύλλων που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη μονάδα επιφάνειας του εδάφους. Με το δείκτη φυλλικής επιφάνειας αγνοούνται οι άλλες φωτοσυνθέτουσες επιφάνειες του φυτού (μίσχοι, στελέχη, κ.α.) οι οποίες όμως σε πρακτική κλίμακα αντιπροσωπεύουν μικρό ποσοστό. Ο LAI

εκφράζει και την αποτελεσματικότητα μιας καλλιέργειας ως προς τη φωτοσυνθετική ικανότητα. Ο LAI αυξάνει από το φύτευμα μέχρι ενός ορίου του ώριμου φυτού και η αύξηση αυτή συνδέεται εποχικός με τον ρυθμό αύξησης και βλαστικής ανάπτυξης των φυτών .

Ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) συνδέεται με την ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA) με την σχέση:

$$L.A.I = \frac{SL \times SLA}{1000}$$

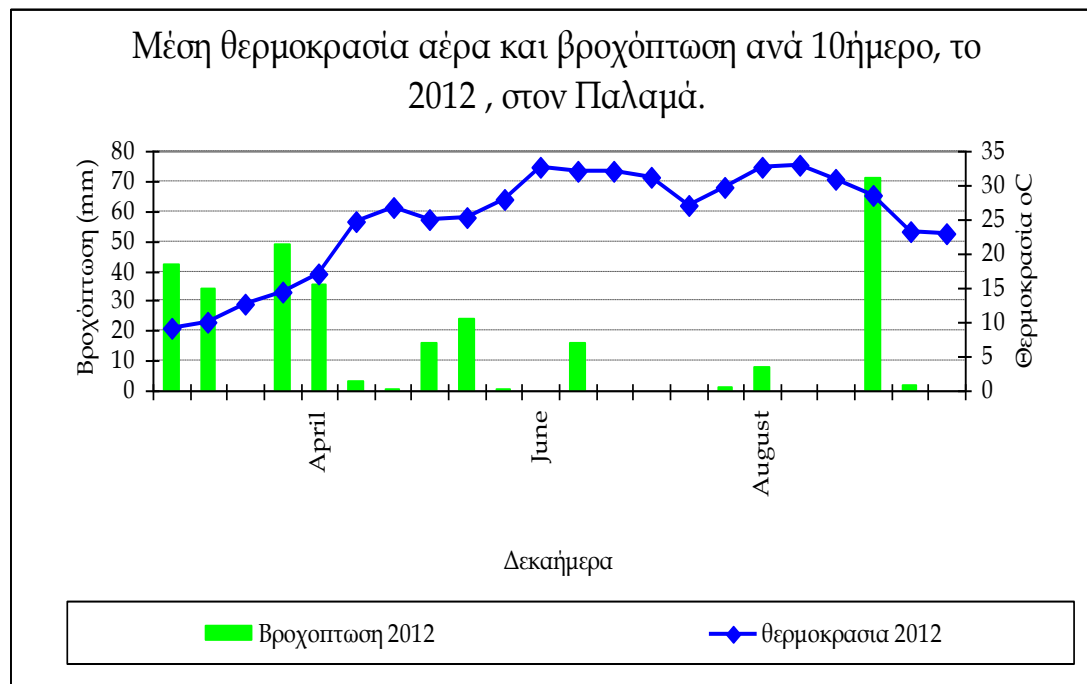
όπου SL είναι το ξηρό βάρος των (πράσινων) φύλλων (kg/στρέμμα) (Δαναλάτος, 1999).

Ο υπολογισμός του LAI έγινε με βάση την παραπάνω εξίσωση και η τιμή του LAI εκφράζεται σε m² επιφάνειας φύλλων/m²εδάφους επιφάνειας.

3. Αποτελέσματα και Συζήτηση

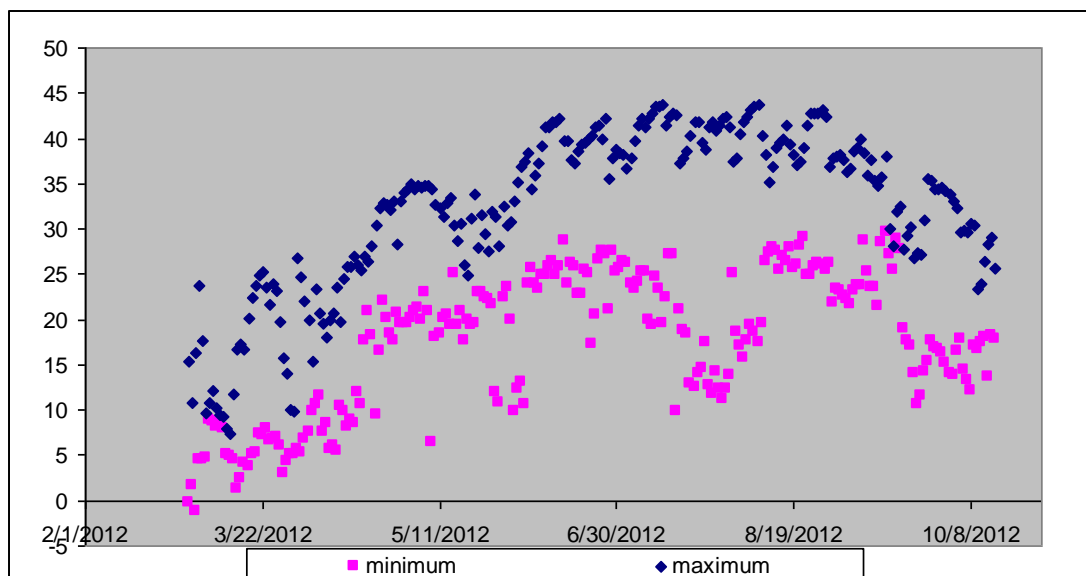
3.1 Κλιματολογικές συνθήκες

Στο Διάγραμμα 1(α) παρουσιάζονται η μέση θερμοκρασία και η βροχόπτωση που παρατηρήθηκαν ανά 10ήμερο στην περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012.



Διάγραμμα 1(α). Μέση Θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο στην περιοχή του Παλαμά το 2012.

Στο Διάγραμμα 1(β) παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν στην περιοχή του Παλαμά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012. Τα αναλυτικά δεδομένα (ημερήσιες, μέσες τιμές, ύψος νετού κτλ.) δίνονται στον Πίνακα 2 στο παράρτημα.

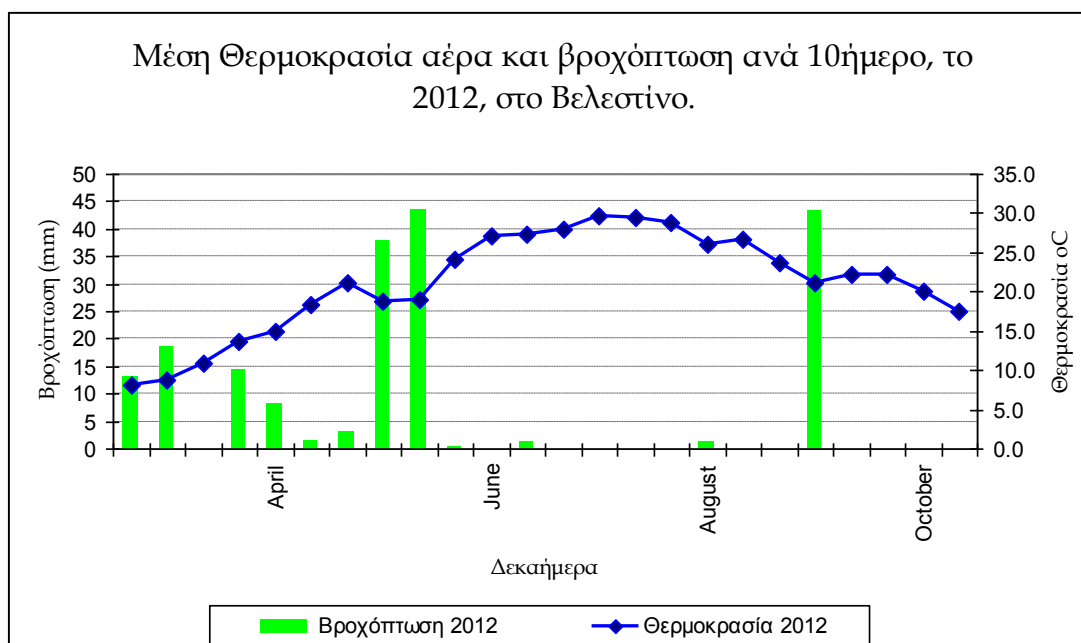


Διάγραμμα 1(β). Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του πειράματος στην περιοχή του Παλαμά το 2012.

Η περιοχή του Παλαμά Καρδίτσας, στην οποία έγινε το πείραμα, χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1(β), η μέγιστη θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 35-45 °C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κυμάνθηκε από 17 έως 29 °C.

Η περίοδος ανάπτυξης της καλλιέργειας δεν χαρακτηρίστηκε από έντονες βροχοπτώσεις για την περιοχή με την συνολική βροχόπτωση να μην ξεπερνά τα 80 mm. Οι βροχοπτώσεις ξεκίνησαν από την αναβλάστηση ακόμη της καλλιέργειας στα τέλη Μαρτίου με ύψος νετού 50 mm και συνεχίστηκαν τον Απρίλιο με ύψος νετού 38 mm ενώ κατά την διάρκεια του Μαΐου οι βροχοπτώσεις που επικράτησαν ήταν σποραδικές, όπως και στους καλοκαιρινούς μήνες που ακολούθησαν. Τέλος στα μέσα Σεπτεμβρίου επικράτησαν και πάλι σποραδικές βροχοπτώσεις με 72 mm βροχής.

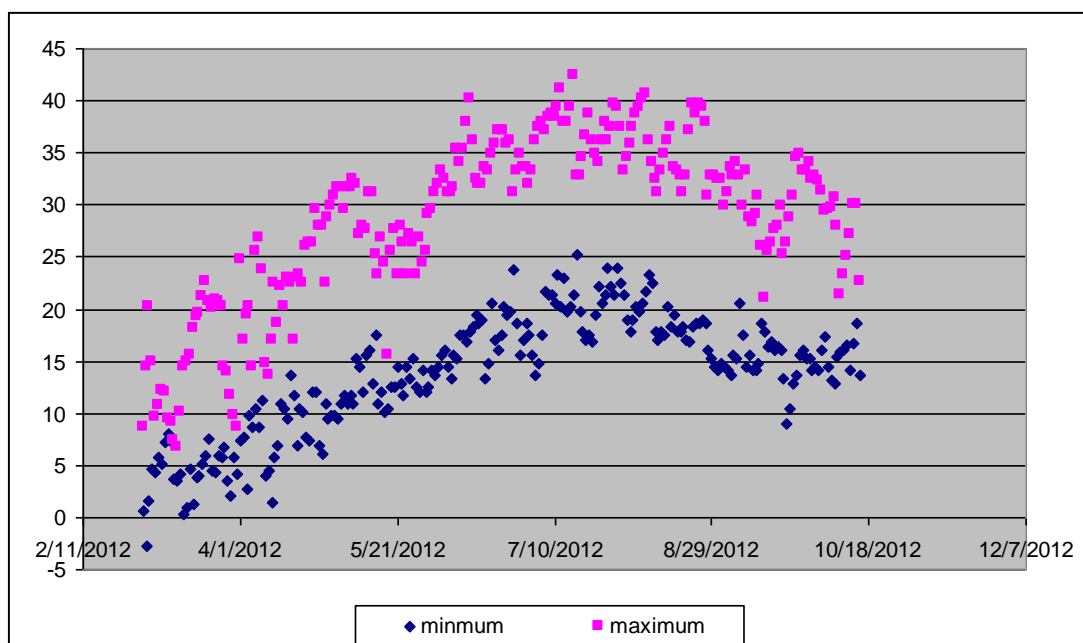
Στο Διάγραμμα 2(α) παρουσιάζονται η μέση θερμοκρασία και η βροχόπτωση που παρατηρήθηκαν ανά 10ήμερο στην περιοχή του Βελεστίνου κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012.



Διάγραμμα 2(α). Μέση Θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο στην περιοχή του Βελεστίνου το 2012.

Η περίοδος ανάπτυξης της καλλιέργειας στην περιοχή του Βελεστίνου χαρακτηρίστηκε ξηρή με την μεγαλύτερη βροχόπτωση να μην ξεπερνά τα 45 mm. Οι αραιές βροχοπτώσεις, όπως και στον Παλαμά ξεκίνησαν από τα τέλη Μαρτίου με ύψος υετού να μην ξεπερνά τα 20 mm. Κατά τη διάρκεια Απριλίου – Μαΐου οι βροχοπτώσεις που επικράτησαν ήταν σποραδικές, ενώ στους καλοκαιρινούς μήνες δεν σημειώθηκαν βροχοπτώσεις. Τέλος στα μέσα Σεπτεμβρίου σημειώθηκαν και πάλι σποραδικές βροχοπτώσεις με 43 mm βροχής.

Στο Διάγραμμα 2(β) παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν στην περιοχή του Παλαμά κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012. Τα αναλυτικά δεδομένα (ημερήσιες, μέσες τιμές, ύψος υετού κτλ.) δίνονται στον Πίνακα 3 στο παράρτημα.



Διάγραμμα 2(β). Μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία κατά την διάρκεια του πειράματος στην περιοχή του Βελεστίνου το 2012.

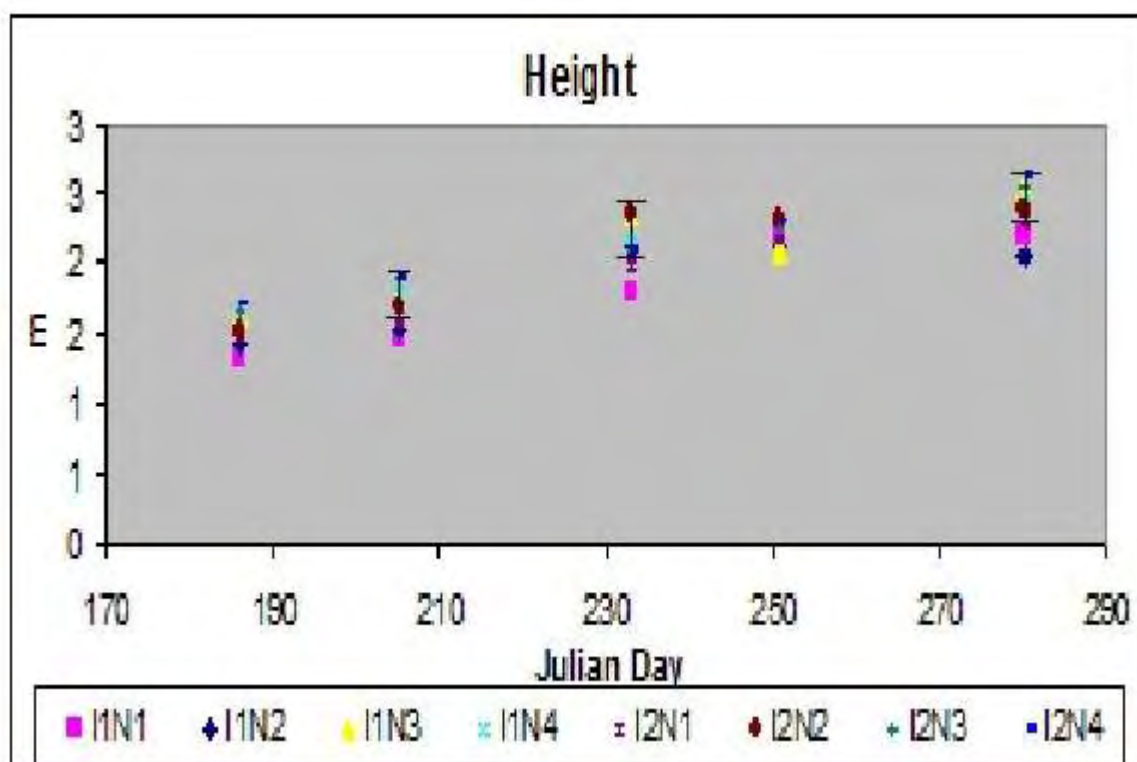
Η περιοχή του Βελεστίνου, όπως και η περιοχή του Παλαμά, χαρακτηρίζεται από μεσογειακό κλίμα με ζεστά, ξηρά καλοκαίρια και ήπιους υγρούς χειμώνες. Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής του πειράματος, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 2(β), η μέγιστη θερμοκρασία κυμάνθηκε μεταξύ 30-43 °C κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού κυμάνθηκε από 13 έως 25 °C. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το καλοκαίρι αυτό χαρακτηρίστηκε ως πολύ θερμό με παρατεταμένες περιόδους καύσωνα (>35°C), αναλυτικότερα στον Πίνακα 3 του παραρτήματος.

3.2 Αύξηση και ανάπτυξη της καλλιέργειας

3.2.1 Ύψος φυτών

Στο Διάγραμμα 3(α), παρουσιάζεται η μεταβολή του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στον Παλαμά.

Το switchgrass αναβλάστησε (>50% των φυτών της καλλιέργειας) στις 28/3/2012. Το μεγαλύτερο ύψος στην καλλιέργεια (2,63m) σημειώθηκε στις 7 Οκτωβρίου για την αρδευόμενη καλλιέργεια με λίπανση 24 μονάδων αζώτου (I_2N_4).



Διάγραμμα 3(α). Ύψος των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης στον Παλαμά.

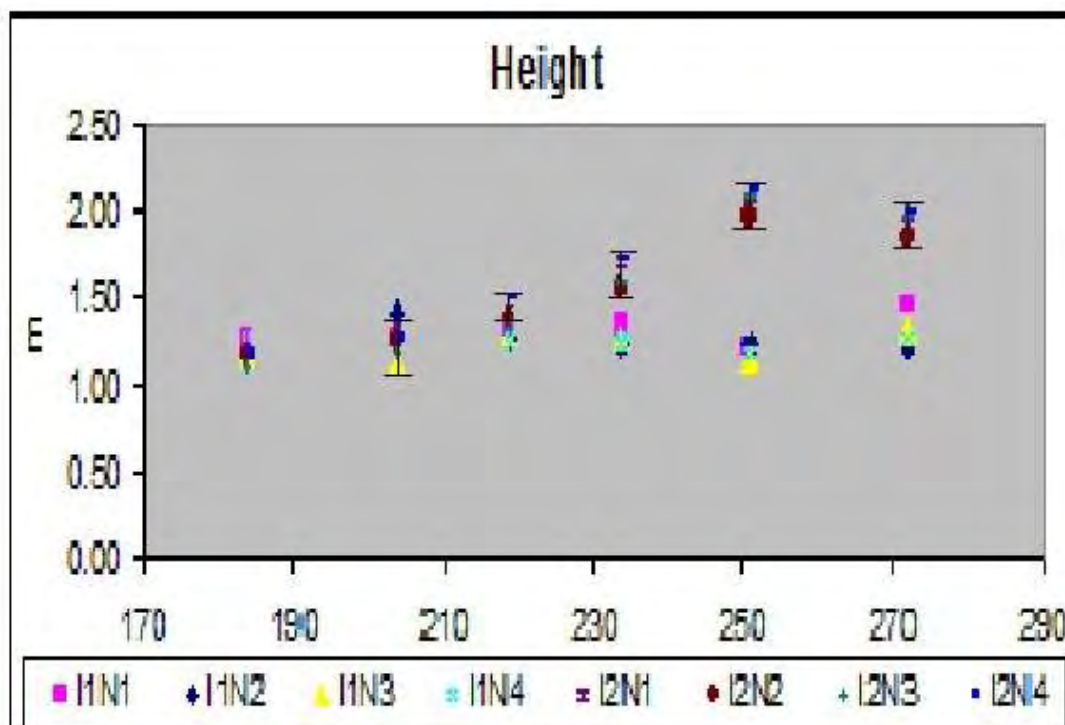
Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3, η καλλιέργεια κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης είχε ρυθμό μεταβολής ύψους που κυμαινόταν από 1,34 έως 1,73 cm/ημέρα. Οι μεγαλύτεροι ρυθμοί αύξησης του ύψους των φυτών παρατηρήθηκαν για την αρδευόμενη καλλιέργεια κατά τη διάρκεια του Αυγούστου, όπου επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες αέρος και λιγοστή έως μηδενική βροχόπτωση (της τάξης των 10mm).

Πίνακας 3. Ύψος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις (2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012 στον Παλαμά.

Jd*	I ₁ N ₁	I ₁ N ₂	I ₁ N ₃	I ₁ N ₄	I ₂ N ₁	I ₂ N ₂	I ₂ N ₃	I ₂ N ₄
87	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1,33	1,45	1,65	1,56	1,50	1,51	1,66	1,72
205	1,46	1,54	1,75	1,78	1,62	1,69	1,88	1,89
233	1,78	2,10	2,36	2,12	1,98	2,35	2,09	2,08
250	2,18	2,13	2,11	2,23	2,20	2,30	2,27	2,31
280	2,22	2,05	2,56	2,42	2,31	2,38	2,55	2,63

*Jd= Julian days

Στο Διάγραμμα 3(β), παρουσιάζεται η μεταβολή του ύψους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 3(β). Ύψος των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης στο Βελεστίνο.

Στην περιοχή του Βελεστίνου το switchgrass αναβλάστησε (>50% των φυτών της καλλιέργειας) στις 2/4/2012. Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 3(β), οι διαφορετικοί παράγοντες (άρδευση και λίπανση) δεν επέφεραν σημαντική επίδραση στο ύψος των φυτών. Το μεγαλύτερο ύψος στην καλλιέργεια (2,1m) σημειώθηκε στις 8 Σεπτεμβρίου για την αρδευόμενη καλλιέργεια με λίπανση 24 μονάδων αζώτου (I₂N₄).

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4 η καλλιέργεια κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης είχε ρυθμό μεταβολής ύψους που κυμαινόταν από 1,18 έως 1,38 cm/ημέρα. Οι μεγαλύτεροι ρυθμοί αύξησης του ύψους των φυτών παρατηρήθηκαν για την αρδευόμενη καλλιέργεια στα τέλη Ιουλίου, όπου επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες αέρος και μηδενική βροχόπτωση.

Πίνακας 4. Ύψος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις (2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012 στο Βελεστίνο.

Jd*	I₁N₁	I₁N₂	I₁N₃	I₁N₄	I₂N₁	I₂N₂	I₂N₃	I₂N₄
92	0	0	0	0	0	0	0	0
184	1,27	1,16	1,16	1,24	1,20	1,16	1,09	1,18
204	1,14	1,46	1,09	1,10	1,30	1,24	1,18	1,27
219	1,33	1,27	1,29	1,25	1,43	1,36	1,33	1,50
234	1,33	1,22	1,27	1,23	1,70	1,55	1,60	1,71
251	1,16	1,20	1,15	1,18	2,04	1,97	2,08	2,10
272	1,44	1,21	1,30	1,27	1,45	1,38	1,98	1,99

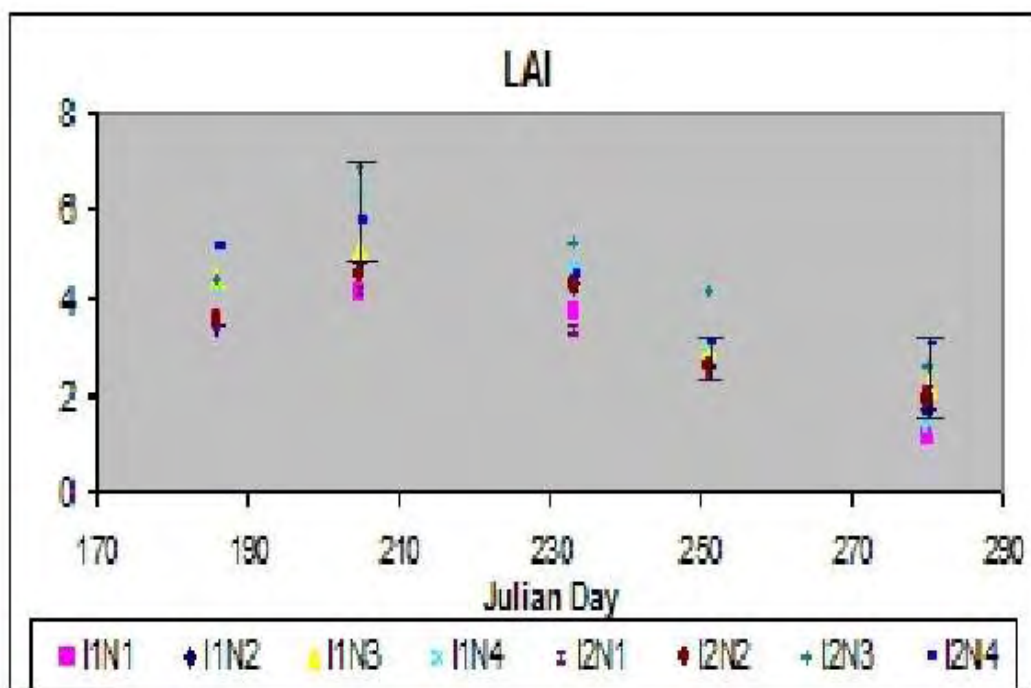
*Jd= Julian days

3.2.2 Ειδική Φυλλική Επιφάνεια και Δείκτης Φυλλικής Επιφάνειας

Όπως είναι γνωστό, η ανάπτυξη της φυλλοστοιβάδας είναι μεγάλης σημασίας για την δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη φωτοσύνθεση. Εξαρτάται από το ποσό των φωτοσυνθετικών παραγώγων που επενδύονται για την ανάπτυξη των φύλλων και τον λόγο της παραγόμενης φυλλικής επιφάνειας ανά μονάδα ξηρού βάρους των φύλλων. Η Ειδική Φυλλική Επιφάνεια (SLA, m^2/kg), ή το αντίθετό της το Ειδικό Φυλλικό Βάρος ($=1/\text{SLA}$) είναι ένα μορφολογικό χαρακτηριστικό που μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ηλικία του φυτού.

Πολλοί συγγραφείς υπογράμμισαν την αντίστροφη συσχέτιση της SLA με την ένταση του φωτός και τη θετική της εξάρτηση από τη θερμοκρασία (Brower *et al.*, 1973, Driessen & Konijn, 1992). Οι Danalatos *et al.* (1994) έδειξαν ότι η συνολική SLA του καλαμποκιού μειώνεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου. Μελετώντας το φαινόμενο σε διαφορετικές περιοχές ο Sibma (1987) κατέληξε ότι η πάχυνση των υπαρχόντων φύλλων και ο σχηματισμός των νέων λεπτότερων φύλλων ευθύνονται για το γεγονός αυτό. Με βάση δεδομένα από την περιοχή της Λάρισας, ο Danalatos (1993) βρήκε ότι η SLA του σκληρού σίτου ποικιλίας «Μεξικάλι» μειώνεται με την ηλικία του φυτού με τη λογαριθμική συνάρτηση: $\text{SLA}=15.16-14.62*\ln(\text{DVS})$, όπου DVS είναι το φαινολογικό στάδιο ανάπτυξης.

Στο Διάγραμμα 4(α) παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στον Παλαμά.



Διάγραμμα 4(α). Μεταβολή του LAI των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης του Switchgrass στον Παλαμά.

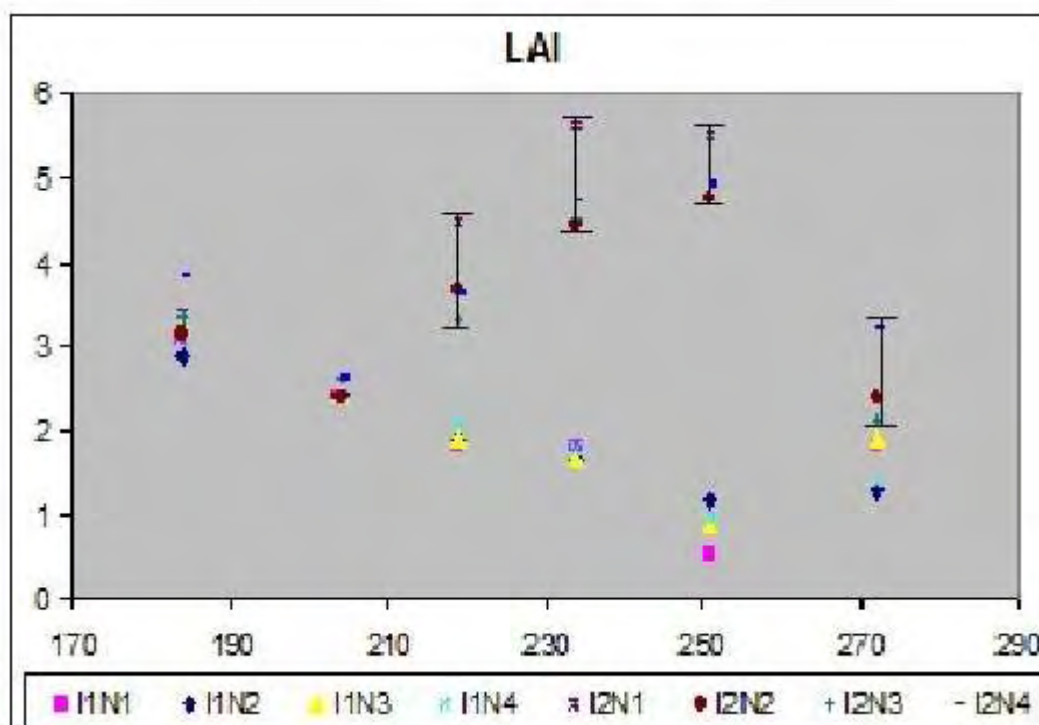
Όπως φαίνεται και από το Διάγραμμα 4(α), ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) στις αρχές Ιουλίου κυμάνθηκε από 3,4 έως 5,1 και στα τέλη Ιουλίου (24/7/2012) έφτασε περί το 6,8. Κατά τη διάρκεια ωρίμανσης της καλλιέργειας ο LAI κυμάνθηκε σε τιμές 2-4 λόγω της ξήρανσης – πτώσης των φύλλων. Τιμή που αποδεικνύει ότι η καλλιέργεια κατά την τελευταία κοπή δεν βρισκόταν στην πλήρη ωρίμανσή της.

Πίνακας 5. S.L.A φυτών για τα 2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012 στον Παλαμά.

	5/7/2012	24/7/2012	21/8/2012	8/9/2012	7/10/2012
<i>I1N1</i>	11,62	11,81	10,86	12,70	11,13
<i>I1N2</i>	10,92	12,94	10,41	12,60	11,40
<i>I1N3</i>	10,95	13,28	10,92	12,71	10,95
<i>I1N4</i>	11,84	13,34	11,24	12,68	10,42
<i>I2N1</i>	10,29	12,45	11,20	11,44	11,60
<i>I2N2</i>	12,04	12,05	10,15	11,37	13,50
<i>I2N3</i>	10,11	13,99	10,52	12,86	11,02
<i>I2N4</i>	11,39	13,28	11,54	13,05	12,77

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα η SLA κατά τα πρώτα στάδια της καλλιέργειας στις αρχές Ιουλίου έλαβε τιμές περί τα 11,15 m²/kg. Με την άνοδο της θερμοκρασίας όταν δείκτης φυλλικής επιφάνειας είχε φτάσει στην μέγιστη τιμή τότε η ειδική φυλλική επιφάνεια έφτασε τα 13,99 m²/kg. Τέλος στις αρχές Οκτωβρίου, λόγω της ξήρανσης-πτώσης των φύλλων κατά την τελευταία κοπή, ο SLA πήρε τιμές γύρω στο 11 m²/kg.

Στο Διάγραμμα 4(β) παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 4(β). Μεταβολή του LAI των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης του Switchgrass στο Βελεστίνο.

Όπως φαίνεται και από το Διάγραμμα 4(β), ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI) στις αρχές Ιουλίου κυμάνθηκε από 2,9 έως 3,8 και στα τέλη Αυγούστου (22/8/2012) έφτασε περί το 5,6. Η ταχεία αυτή αύξηση της φυλλοστοιβάδας οφείλεται στις αυξημένες θερμοκρασίες αέρα καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Κατά τη διάρκεια ωρίμανσης της καλλιέργειας ο LAI κυμάνθηκε σε τιμές 1-3 λόγω της ξήρανσης – πτώσης των φύλλων. Τιμή που αποδεικνύει ότι η καλλιέργεια κατά την τελευταία κοπή δεν βρισκόταν στην πλήρη ωρίμανσή της.

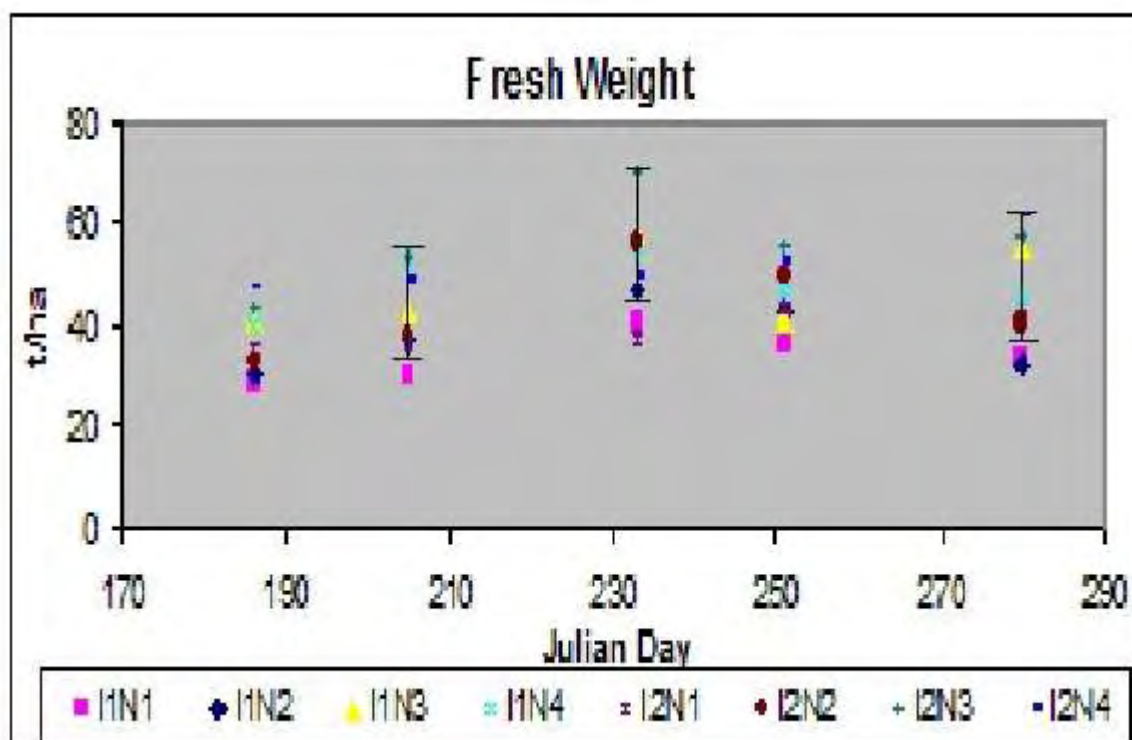
Πίνακας 6. S.L.A φυτών για τα 2 διαφορετικά επίπεδα άρδευσης και 4 διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2012 στο Βελεστίνο.

	3/7/2012	23/7/2012	7/8/2012	22/8/2012	8/9/2012	29/9/1012
<i>IIN1</i>	12,32	11,05	9,68	11,85	6,45	10,81
<i>IIN2</i>	10,72	11,13	10,80	11,49	7,81	11,63
<i>IIN3</i>	12,64	11,96	10,85	11,64	6,79	13,90
<i>IIN4</i>	11,24	11,44	11,82	10,84	7,19	12,05
<i>I2N1</i>	12,11	10,21	14,22	16,64	14,56	15,23
<i>I2N2</i>	12,11	10,24	13,43	16,38	14,07	15,92
<i>I2N3</i>	11,81	11,21	13,76	15,41	13,18	14,00
<i>I2N4</i>	12,50	10,60	12,53	15,06	12,54	15,04

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα η SLA κατά τα πρώτα στάδια της καλλιέργειας στις αρχές Ιουλίου έλαβε τιμές περί τα 11,93 m²/kg. Με την άνοδο της θερμοκρασίας όταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας είχε φτάσει στην μέγιστη τιμή τότε η ειδική φυλλική επιφάνεια έφτασε τα 16,6 m²/kg. Τέλος στα τέλη Σεπτεμβρίου, λόγω της ξήρανσης-πτώσης των φύλλων κατά την τελευταία κοπή, ο SLA πήρε τιμές γύρω στο 14 m²/kg.

3.2.3 Συνολικό Χλωρό Βάρος Φυτών

Στο Διάγραμμα 5(α) παρουσιάζεται η μεταβολή του βάρους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στον Παλαμά.

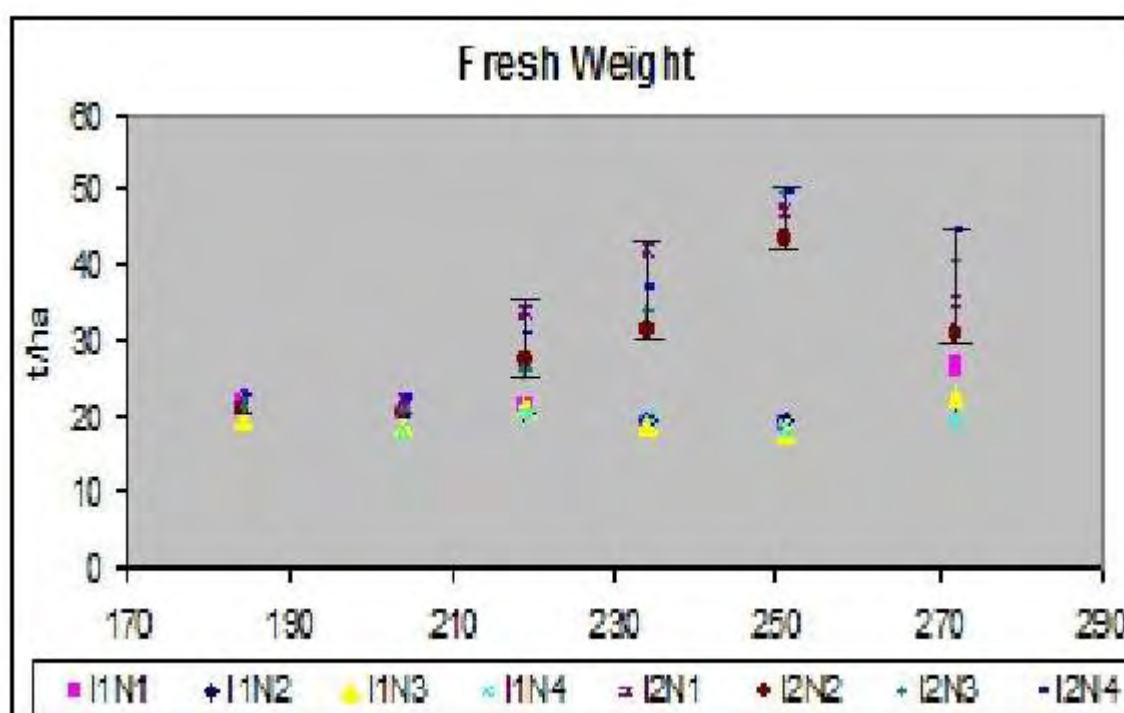


Διάγραμμα 5(α). Μεταβολή του χλωρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου λίπανσης στον Παλαμά.

Το φυτό καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όπου επεκράτησαν ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, σημείωσε υψηλούς ρυθμούς αύξησης έτσι ώστε στα τέλη Αυγούστου στην τρίτη δειγματοληψία (21/8/2012) να έχει φτάσει στην μέγιστη παραγωγή χλωρής βιομάζας, περί τα 6978 kg ανά στρέμμα εκ των οποίων τα 1220 kg/στρ αποτελούσαν τα φύλλα (20%), ανεξάρτητα από τα επίπεδα άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης. Κατά τη διάρκεια του Αυγούστου λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων, το φυτό έχει μειωμένη αύξηση για την απότιστη καλλιέργεια. Κατά τη διάρκεια όμως του Σεπτεμβρίου και έπειτα η ξηρική καλλιέργεια ανακάμπτει και δίνει και παραγωγή ίση με την ποτιστική.

Οι ρυθμοί αύξησης της χλωρής βιομάζας από το φύτευμα έως και την τελική δειγματοληψία (7/10/2012) ήταν περί τα 28,7 και 32,6 kg ανά ημέρα για την ξηρική και ποτιστική καλλιέργεια αντίστοιχα.

Στο Διάγραμμα 5(β) παρουσιάζεται η μεταβολή του βάρους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στο Βελεστίνο.



Διάγραμμα 5(β). Μεταβολή του χλωρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης στο Βελεστίνο.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 5(β) το φυτό κατά τη διάρκεια της πρώτης βλαστικής ανάπτυξης στις αρχές Ιουλίου (3/7/2012) έφτασε περί τα 2158 kg χλωρής βιομάζας ανά στρέμμα. Κατά την πέμπτη δειγματοληψία στις αρχές Σεπτεμβρίου (8/9/2012) παρατηρήθηκε η υψηλότερη τιμή χλωρής βιομάζας περί τα 4970 kg/στρ εκ των οποίων τα 895 kg/στρ αποτελούσαν τα φύλλα (20%), ανεξάρτητα από τα επίπεδα άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης. Ο υψηλός ρυθμός αύξησης οφείλεται στις ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας που επικράτησαν καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου.

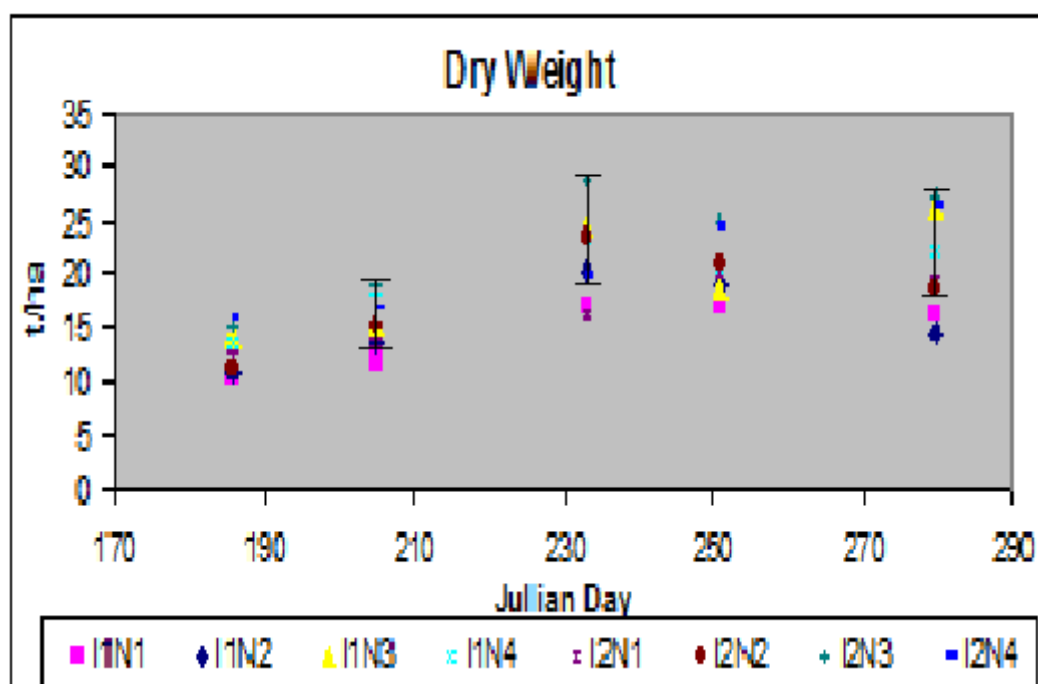
Προς τα τέλη Αυγούστου λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων, το φυτό έχει μειωμένη αύξηση για την ξηρική καλλιέργεια. Οι δε ρυθμοί αύξησης της χλωρής βιομάζας εκείνη την περίοδο είναι περί τα 16 kg ανά ημέρα στην ξηρική έναντι των

52 kg ανά ημέρα στην ποτιστική. Κατά τη διάρκεια όμως του Σεπτεμβρίου και έπειτα η ξηρική καλλιέργεια ανακάμπτει και δίνει παραγωγή πολύ κοντά με την ποτιστική.

Οι ρυθμοί αύξησης της χλωρής βιομάζας από το φύτευμα έως και την τελική δειγματοληψία (29/9/2012) ήταν περί τα 14,6 και 24,7 kg ανά ημέρα για την ξηρική και ποτιστική καλλιέργεια αντίστοιχα.

3.2.4 Συνολικό ξηρό βάρος φυτών

Στο Διάγραμμα 6(α) παρουσιάζεται η μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης ως προς τις Ιουλιανές Ημέρες (Πίνακας 1, παράρτημα) στον Παλαμά.

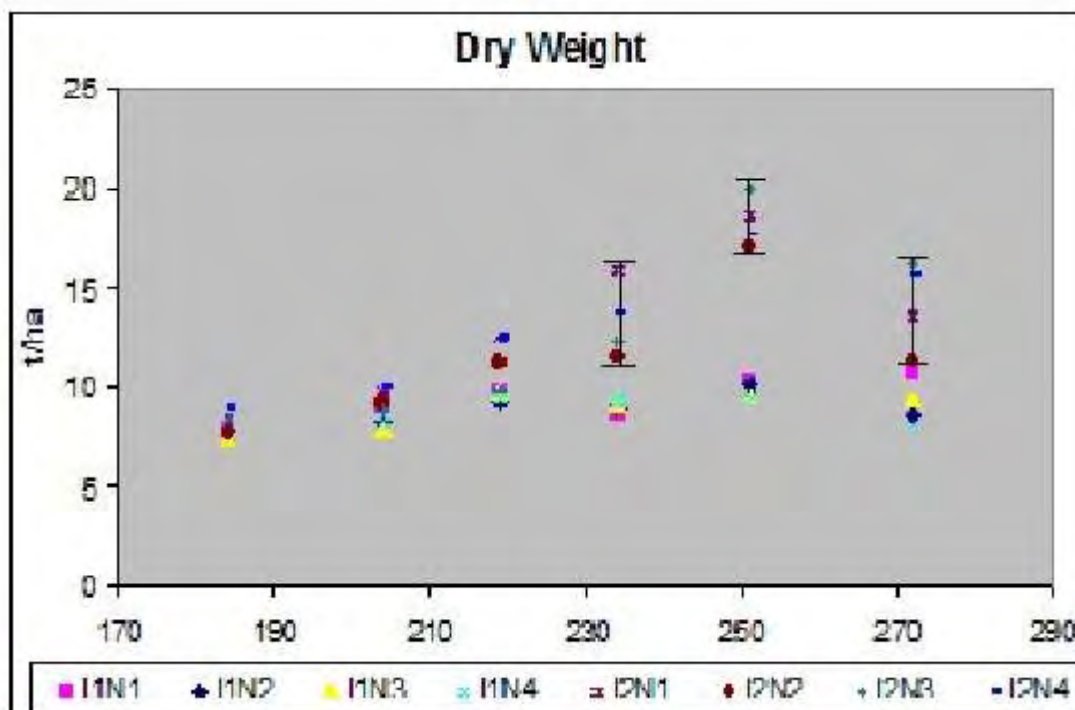


Διάγραμμα 6(α). Μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών για τα δύο επίπεδα άρδευσης και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης στον Παλαμά.

Το φυτό καθ' όλη την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου όπου επεκράτησαν ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας, σημείωσε υψηλούς ρυθμούς αύξησης έτσι ώστε στα τέλη Αυγούστου στην τρίτη δειγματοληψία (21/8/2012) να έχει φτάσει στην μέγιστη παραγωγή ξηρής βιομάζας, περί τα 2875 kg. Ο λόγος της ξηρής

βιομάζας προς τη χλωρή κατά την τελική κοπή ισούται με 40%, κάτι που υποδηλώνει για ακόμη μία φορά πως η καλλιέργεια δεν είχε ωριμάσει πλήρως.

Οι ρυθμοί αύξησης της ξερής βιομάζας από το φύτευμα έως και την τελική δειγματοληψία (7/10/2012) ήταν περί τα 14,4 και 14 kg ανά ημέρα για την ξηρική και ποτιστική καλλιέργεια αντίστοιχα.



Διάγραμμα 6(β). Μεταβολή του ξηρού βάρους των φυτών για το επίπεδο άρδευσης (I_1) και τα 4 επίπεδα αζωτούχου-λίπανσης στο Βελεστίνο.

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6(β) το φυτό κατά τη διάρκεια της πρώτης βλαστικής ανάπτυξης στις αρχές Ιουλίου (3/7/2012) έφτασε περί τα 813 kg ξερής βιομάζας ανά στρέμμα. Κατά την πέμπτη δειγματοληψία στις αρχές Σεπτεμβρίου (8/9/2012) παρατηρήθηκε η υψηλότερη τιμή ξερής βιομάζας περί τα 2002 kg/στρ. Ο λόγος της ξερής βιομάζας προς τη χλωρή κατά την τελική κοπή ισούται με 40%, κάτι που υποδηλώνει για ακόμη μία φορά πως η καλλιέργεια δεν είχε ωριμάσει πλήρως.

Προς τα τέλη Αυγούστου λόγω της έλλειψης βροχοπτώσεων, το φυτό έχει μειωμένη έως μηδενική αύξηση για την ξηρική καλλιέργεια. Κατά τη διάρκεια όμως του Σεπτεμβρίου και έπειτα και η ποτιστική καλλιέργεια δεν παρουσιάζει αύξηση της παραγωγής δίδοντας τελική παραγωγή πολύ κοντά με την ξηρική.

Οι ρυθμοί αύξησης της ξερής βιομάζας από το φύτευμα έως και την τελική δειγματοληψία (29/9/2012) ήταν περί τα 14,8 και 13,83 kg ανά ημέρα για την ξηρική και ποτιστική καλλιέργεια αντίστοιχα.

Συμπεράσματα

Η καλλιέργεια του Switchgrass (*Panicum virgatum*) παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως μια εναλλακτική καλλιέργεια που θα έχει πρωταρχικό ρόλο στην παραγωγή βιομάζας και ως πρώτη ύλη σε μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.

Ως καλλιέργεια μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα μεγάλο εύρος εδαφικών και κλιματικών συνθηκών. Υπάρχει η δυνατότητα να καλλιεργηθεί σε σχετικά άγονα εδάφη, αμμώδη ή όξινα εκεί δηλαδή όπου οι παραδοσιακές καλλιέργειες έχουν πολύ χαμηλές αποδόσεις. Οι απαιτήσεις του σε νερό είναι χαμηλές, όπως και οι ανάγκες του σε φώσφορο και κάλιο. Επιπρόσθετα, οι ανάγκες του σε άζωτο δε ξεπερνούν αυτές των παραδοσιακών καλλιεργειών σε συνθήκες σαν τις ελληνικές, όπου μπορούν να επιτευχθούν και μέγιστες αποδόσεις. Έχει χαμηλές ανάγκες σε αγροχημικά εκτός από τη χρονιά της εγκατάστασης που χρειάζεται υψηλή φροντίδα ώστε να καταστεί ανταγωνίστιμο των ζιζανίων.

Στην χώρα μας μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της εδαφικής ποιότητας εμπλουτίζοντας το έδαφος με άνθρακα. Ως πολυετής καλλιέργεια και λόγω του πλούσιου και βαθύ ριζικού συστήματός του έχει ευνοϊκές επιδράσεις στη διάβρωση των εδαφών και τη προστασία από το φαινόμενο της ερημοποίησης που θα αντιμετωπίσουν πολλές περιοχές στο άμεσο μέλλον λόγω της εντατικής γεωργίας και των υψηλών εισροών.

Η καλλιέργεια του switchgrass μπορεί να επιδράσει θετικά στη μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου μέσω της αυξημένης αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα στις ρίζες και στην οργανική ύλη του εδάφους. Επιπλέον ως πολυετής καλλιέργεια συμβάλει στην μείωση του CO₂ λόγω της μειωμένης οξείδωσης του χώματος από τις ετήσιες προετοιμασίες αγρού (όργωμα, καλλιεργητής κτλ) που επικρατούν στις παραδοσιακές καλλιέργειες.

Τέλος, το switchgrass συμβάλλει στη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και των άγριων ειδών αφού αποτελεί ενδιαίτημα για την άγρια πανίδα, αλλά και καταφύγιο διαφορετικών ειδών πουλιών.

Συνοψίζοντας, καταλαβαίνουμε το πόσο σημαντική είναι η καλλιέργεια του Switchgrass και πόσο μπορεί να συμβάλει θετικά σε ένα μεγάλο εύρος τομέων (ενέργεια, ερημοποίηση, προστασία περιβάλλοντος, χαμηλές εισροές). Κρίνεται σκόπιμο όμως να διεξαχθεί περαιτέρω διεξοδική έρευνα για αυτή την καλλιέργεια

ώστε να μελετηθούν όσο το δυνατόν περισσότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση. Σε συνδυασμό με τις επιδοτήσεις που πρόκειται να συζητηθούν στην ΚΑΠ το 2013 για τις ενεργειακές καλλιέργειες μπορεί να γίνει ακόμη περισσότερο ανταγωνιστική σε οικονομικό επίπεδο σε σχέση με τις σημερινές παραδοσιακές καλλιέργειες.

Βιβλιογραφία

A Publication of ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service, 2006, Switchgrass as a bioenergy crop (<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/switchgrass.pdf>)

Alan Teel, Stephen Barnhart Switchgrass Seeding Recommendations for the Production of Biomass Fuel in Southern Iowa

Alexopoulou A. and Cristou M., YEAR EFFECT ON SWITCHGRASS BIOMASS PRODUCTION

Alexopoulou E. , Sharma N., Papatheohari Y.(2008), Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region

Alexopoulou N. Sharma, Y. Papatheohari^ε, (2008). Biomass yields for upland and lowland switchgrass varieties grown in the Mediterranean region

Ball D.M. Hoveland C.S., and Lacefield G.D. (2002), «Southern Forages, 3rd edition», International Plant Nutrition Institute, p. 26.

Eldersen H., Cristian D., Bassam N., Sauerbeck G., Alexopoulou E., Sharma N., Fahmi R., Bridgwater A.V., Darvell L.L., Jones J.M., Yates N., Thain S. and Donnison I.S., (2007), «The effect of alkali metals on combustion and pyrolysis of Lolium and Festuca grasses, switchgrass and willow». Fuel, Vol.86, pages 1560-1569.

Frank A.B., Berdahl J.D., Hanson J.D., Liebig M.A. and Johnson H.A., (2004), «Biomass and carbon partitioning in switchgrass», Crop Science, Vol.44, pages 1391-1396.

James P. Muir^{*,a}, Matt A. Sanderson^b, William R. Ocumpaugh^c (2000). Biomass Production of ‘Alamo’ Switchgrass in Response to Nitrogen, Phosphorus, and Row Spacing

Lemus R., Bnnnmer E.C, Moore K. J., Molstad N. E., Burras C.L., and Barker M. F. (2002) “Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA”, Biomass and Bioenergy, Volume 23, Pages 433-442.

Lewandowski I., Scurlock J.O., Lindvall E. and Christou M. (2003), “The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe”, Biomass and Bioenergy, Volume 25, Pages, 335-361

Liebig M.A., Johnson H.A., Hanson J.D. and Frank A.B., (2005), “Soil carbon under switchgrass stands and cultivated cropland”, Biomass and Bioenergy, Vol. 28, Pages 347-354.
M. Minelli, L. Rapparini and G. Venturi.,(2004), Weed management in switchgrass crop .

Madakadze I.C., Stewart K., Peterson P.R., Coulman B.E., Samson R. and Smith D.L., (1998), “Light interception, use-efficiency and energy yield of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) grown in a, short season area”. Biomass and Bioenergy, Volume 15, Pages 475-482.

McLaughlin S. B. and Walsh M. E., (1998), “Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy”, Biomass and Bioenergy, vol.14. pages 317-324.

McLaughlin S. B., Kszos L. A., (2005), “Development of switchgrass (*Panicum virgatum*) as a bioenergy feedstock in the United States”, *Biomass and Bioenergy* Vol. 28 pages 515-535.

Monti A., Fazio S., Lychnaras V., Soldatos P. and Venturia G., (2007), “A full economic analysis of switchgrass under different scenarios in Italy estimated by BEE model”, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 31, pages 177-185.

Piscioneri I., (2004), «A management guide for planting and production switchgrass as a biomass crop in Europe», 2nd Conference on Biomass for Energy Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome Italy.

Ritchie, J.T., NeSmith, D.S., (1991). Temperature and crop development .

Samson, R., (2007). Switchgrass Production in Ontario: A Management Guide.

Schmer M. R., Vogel K. P., Mitchell R. B., and Perrin R. K. (2008). "Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass", *PNAS* 105 (2): 464-469

USDA, United States Department of Agriculture, (2008), “Plant Fact Sheet, *Panicum virgatum*”, Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Program.

Μ. Χρήστου, Ε. Αλεξοπούλου, Β. Λυχαράς, Ε. Νάματοβ. (2006) Ενεργειακές καλλιέργειες στον ευρωπαϊκό και ελληνικό χώρο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας1. Ιουλιανές ημέρες

DATE	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

Πίνακας 2. Μετεωρολογικά δεδομένα Παλαμά 2012

Date	Max T(°C)	min T(°C)	Rainfall mm
3/1/2012	15.28	-0.32	0
3/2/2012	10.86	1.73	0
3/3/2012	16.3	-1.18	0
3/4/2012	23.73	4.44	0
3/5/2012	17.59	4.5	0
3/6/2012	9.61	4.66	4.6
3/7/2012	10.78	8.94	9.4
3/8/2012	12.15	8.63	0
3/9/2012	10.13	8.09	14.8
3/10/2012	9.51	8.62	13.8
3/11/2012	9.18	7.94	6.4
3/12/2012	7.94	5.03	8.2
3/13/2012	7.46	4.92	18.6
3/14/2012	11.78	4.47	0.8
3/15/2012	16.69	1.34	0
3/16/2012	17.24	2.48	0
3/17/2012	16.66	4.21	0
3/18/2012	20.03	3.78	0
3/19/2012	22.44	5.12	0
3/20/2012	23.76	5.31	0
3/21/2012	24.94	7.29	0
3/22/2012	25.23	7.27	0
3/23/2012	23.63	7.85	0
3/24/2012	21.71	6.52	0
3/25/2012	23.86	6.83	0
3/26/2012	23.13	7.08	0

3/27/2012	19.79	6.04	0
3/28/2012	15.79	2.99	0
3/29/2012	14.11	4.31	0
3/30/2012	9.95	5.07	0
3/31/2012	9.91	5.1	0
4/1/2012	26.81	5.69	0
4/2/2012	24.6	5.31	0
4/3/2012	22.07	6.79	0
4/4/2012	19.99	7.59	0
4/5/2012	15.27	9.75	6
4/6/2012	23.35	10.59	18
4/7/2012	20.67	11.63	0.2
4/8/2012	19.59	7.63	0
4/9/2012	18.03	8.47	0.4
4/10/2012	19.99	5.67	24.4
4/11/2012	20.75	5.99	4.6
4/12/2012	23.63	5.51	0.2
4/13/2012	19.67	10.43	0
4/14/2012	24.43	9.84	3
4/15/2012	25.91	8.15	5.8
4/16/2012	25.83	8.87	0
4/17/2012	26.99	8.52	0.4
4/18/2012	26.11	11.95	7
4/19/2012	25.43	10.55	14.8
4/20/2012	26.99	17.71	0
4/21/2012	26.31	20.91	1
4/22/2012	28.19	18.27	0.2
4/23/2012	30.31	9.55	0
4/24/2012	32.31	16.51	0

4/25/2012	32.83	22.03	0
4/26/2012	32.63	20.11	0
4/27/2012	32.19	18.35	0
4/28/2012	32.99	17.63	0
4/29/2012	28.27	20.71	2
4/30/2012	33.15	19.59	0
5/1/2012	34.07	19.55	0
5/2/2012	34.31	19.47	0
5/3/2012	34.99	20.19	0
5/4/2012	34.39	20.87	0
5/5/2012	34.71	21.23	0.4
5/6/2012	34.63	19.87	0
5/7/2012	34.87	23.03	0
5/8/2012	34.71	20.83	0
5/9/2012	34.47	6.43	0
5/10/2012	32.75	17.95	0
5/11/2012	32.31	18.47	0.8
5/12/2012	31.27	20.07	4.6
5/13/2012	32.87	20.47	0
5/14/2012	33.47	19.39	0
5/15/2012	30.35	24.99	0.8
5/16/2012	28.75	19.31	3
5/17/2012	30.55	20.79	0
5/18/2012	26.11	17.67	5.2
5/19/2012	24.87	19.95	2
5/20/2012	31.07	19.31	0
5/21/2012	33.79	19.51	0
5/22/2012	27.95	22.95	0.4
5/23/2012	31.47	22.99	0

5/24/2012	29.47	22.31	1
5/25/2012	27.51	22.15	6.4
5/26/2012	31.87	21.55	2.2
5/27/2012	31.35	11.95	0.6
5/28/2012	28.19	10.71	5.6
5/29/2012	32.47	22.39	0
5/30/2012	30.35	23.51	8.2
5/31/2012	30.83	19.95	0
6/1/2012	33.11	9.91	0
6/2/2012	35.07	12.31	0.4
6/3/2012	36.79	13.03	0
6/4/2012	37.47	10.59	0
6/5/2012	38.43	23.95	0
6/6/2012	34.39	25.71	0
6/7/2012	35.91	23.95	0
6/8/2012	37.27	23.43	0
6/9/2012	39.07	24.79	0
6/10/2012	41.2	24.79	0
6/11/2012	41.2	25.83	0
6/12/2012	41.84	26.31	0
6/13/2012	41.84	24.87	0
6/14/2012	42.16	25.83	0
6/15/2012	39.75	28.75	0
6/16/2012	39.63	23.87	0
6/17/2012	37.63	26.15	0
6/18/2012	37.23	25.79	0
6/19/2012	38.55	22.79	0
6/20/2012	39.35	22.83	0
6/21/2012	39.51	25.47	0

6/22/2012	39.99	25.03	0
6/23/2012	40.23	17.27	16
6/24/2012	41.2	20.51	0.2
6/25/2012	41.52	26.67	0
6/26/2012	39.83	27.55	0
6/27/2012	42.16	27.07	0
6/28/2012	35.51	21.11	0
6/29/2012	37.79	27.47	0
6/30/2012	38.75	25.31	0
7/1/2012	38.39	25.55	0
7/2/2012	38.11	26.31	0
7/3/2012	36.75	26.23	0
7/4/2012	37.79	23.87	0
7/5/2012	39.79	23.31	0
7/6/2012	41.52	24.07	0
7/7/2012	42.16	25.23	0
7/8/2012	41.2	25.34	0
7/9/2012	42.16	19.87	0
7/10/2012	42.8	19.43	0
7/11/2012	43.44	24.71	0
7/12/2012	43.44	23.35	0
7/13/2012	43.76	19.51	0
7/14/2012	41.52	22.35	0
7/15/2012	42.48	27.15	0
7/16/2012	42.8	27.19	0
7/17/2012	42.64	9.83	0
7/18/2012	37.27	21.15	0
7/19/2012	37.83	18.79	0
7/20/2012	38.55	18.47	0

7/21/2012	40.31	12.91	0
7/22/2012	41.84	12.55	0
7/23/2012	41.84	13.99	0
7/24/2012	39.55	14.51	0
7/25/2012	38.79	17.51	0
7/26/2012	41.2	12.75	0
7/27/2012	41.84	11.83	0
7/28/2012	40.83	14.23	0
7/29/2012	41.52	12.27	0
7/30/2012	42.16	11.11	0
7/31/2012	42.48	12.31	0
8/1/2012	41.2	13.87	0
8/2/2012	37.39	25.11	1.2
8/3/2012	37.79	18.67	0.2
8/4/2012	40.51	16.99	0
8/5/2012	41.84	15.79	0
8/6/2012	42.48	17.59	0
8/7/2012	43.12	19.31	0
8/8/2012	43.44	18.59	0
8/9/2012	43.76	17.55	0
8/10/2012	40.27	19.55	0
8/11/2012	38.27	26.35	4.4
8/12/2012	35.07	27.39	3.8
8/13/2012	36.91	27.95	0
8/14/2012	38.87	27.63	0
8/15/2012	39.51	25.43	0
8/16/2012	39.95	26.91	0
8/17/2012	41.52	26.35	0
8/18/2012	39.39	27.83	0

8/19/2012	38.19	25.63	0
8/20/2012	37.11	25.95	0
8/21/2012	37.43	28.15	0
8/22/2012	38.99	29.11	0
8/23/2012	41.52	24.79	0
8/24/2012	42.8	24.95	0
8/25/2012	42.8	25.75	0
8/26/2012	42.8	26.23	0
8/27/2012	43.12	26.11	0
8/28/2012	42.48	25.39	0
8/29/2012	36.95	26.27	0
8/30/2012	37.91	21.79	0
8/31/2012	38.07	23.31	0
9/1/2012	38.19	23.23	0
9/2/2012	37.67	22.59	0
9/3/2012	36.27	22.23	0
9/4/2012	36.75	21.59	0
9/5/2012	38.67	23.15	0
9/6/2012	38.87	23.79	0
9/7/2012	39.83	23.83	0
9/8/2012	38.39	28.59	0
9/9/2012	35.87	25.35	0
9/10/2012	37.63	23.55	0
9/11/2012	35.31	23.63	0
9/12/2012	34.87	21.47	0
9/13/2012	35.75	28.43	0
9/14/2012	37.99	29.71	0
9/15/2012	29.95	27.07	31.6
9/16/2012	28.11	25.43	35.6

9/17/2012	31.83	28.83	2.8
9/18/2012	32.51	27.67	1.4
9/19/2012	27.68	19.07	0
9/20/2012	29.24	17.73	0
9/21/2012	30.13	17.03	1.6
9/22/2012	26.8	14.04	0.2
9/23/2012	27.31	10.61	0
9/24/2012	27.25	11.55	0
9/25/2012	30.88	14.15	0
9/26/2012	35.51	15.44	0
9/27/2012	35.44	17.61	0
9/28/2012	34.46	16.95	0
9/29/2012	34.42	16.69	0
9/30/2012	34.51	16.28	0
10/1/2012	34.29	15.16	0
10/2/2012	33.82	14.07	0
10/3/2012	33.07	13.75	0
10/4/2012	32.34	16.58	0
10/5/2012	29.62	17.84	0
10/6/2012	29.92	14.33	0
10/7/2012	29.63	13.32	0
10/8/2012	30.59	12.15	0
10/9/2012	30.47	17.01	0
10/10/2012	23.39	16.79	0
10/11/2012	23.87	17.43	0
10/12/2012	26.41	17.94	0
10/13/2012	28.21	13.63	0
10/14/2012	29.14	18.23	0.6
10/15/2012	25.64	17.82	5

Πίνακας 3. Μετεωρολογικά δεδομένα Βελεστίνου 2012

Date	max T(°C)	min T(°C)	Rainfall mm
3/1/2012	8.6	0.6	0.4
3/2/2012	14.5	-2.7	0
3/3/2012	20.3	1.6	0
3/4/2012	15	4.7	0
3/5/2012	9.6	4.3	0.6
3/6/2012	10.8	5.7	1.6
3/7/2012	12.2	5.2	0
3/8/2012	12	7.2	6.2
3/9/2012	9.4	8.1	4.2
3/10/2012	9.1	7.2	0.2
3/11/2012	7.4	3.7	5.6
3/12/2012	6.7	3.5	12.6
3/13/2012	10.1	4.2	0.4
3/14/2012	14.5	0.3	0
3/15/2012	15	1	0
3/16/2012	15.5	4.7	0
3/17/2012	18.2	1.3	0
3/18/2012	19.2	3.8	0
3/19/2012	19.6	4	0
3/20/2012	21.2	5.2	0
3/21/2012	22.6	5.9	0
3/22/2012	20.8	7.6	0
3/23/2012	20.1	4.5	0
3/24/2012	20.9	4.3	0
3/25/2012	20.7	5.9	0
3/26/2012	20.2	5.7	0

3/27/2012	14.5	6.7	0
3/28/2012	13.9	3.5	0
3/29/2012	11.8	2	0
3/30/2012	9.8	5.8	0
3/31/2012	8.6	4.1	0
4/1/2012	24.8	7.3	0
4/2/2012	17.1	7.7	0
4/3/2012	19.4	2.7	0
4/4/2012	20.2	9.8	2.2
4/5/2012	14.4	8.6	4.6
4/6/2012	25.6	10.5	0
4/7/2012	26.8	8.6	0
4/8/2012	23.7	11.3	0.2
4/9/2012	14.8	4	4.4
4/10/2012	13.7	4.5	2.8
4/11/2012	17.1	1.4	0.2
4/12/2012	22.5	5.7	0
4/13/2012	18.7	6.9	0.6
4/14/2012	22.1	10.9	1
4/15/2012	20.2	10.5	0
4/16/2012	22.9	9.4	0
4/17/2012	22.5	13.7	2.2
4/18/2012	17.1	11.7	4.2
4/19/2012	22.9	6.9	0
4/20/2012	23.3	10.5	0
4/21/2012	22.5	10.1	0
4/22/2012	26	7.7	0
4/23/2012	26.4	7.3	0
4/24/2012	26.4	12.1	0

4/25/2012	29.5	12.1	0
4/26/2012	28	6.9	0
4/27/2012	28	6.1	0.2
4/28/2012	22.5	10.9	1
4/29/2012	28.7	9.4	0.2
4/30/2012	29.9	9.8	0
5/1/2012	30.8	9.8	0
5/2/2012	31.6	9.4	0
5/3/2012	31.6	10.9	0
5/4/2012	29.5	11.7	1.8
5/5/2012	31.6	10.9	0.2
5/6/2012	31.6	11.7	0
5/7/2012	32.4	10.9	0
5/8/2012	32	15.2	0
5/9/2012	27.2	14.4	0
5/10/2012	28	12.1	1.2
5/11/2012	27.6	15.6	2
5/12/2012	31.2	16	0
5/13/2012	31.2	12.9	8.2
5/14/2012	25.2	17.5	8.4
5/15/2012	23.3	10.9	0
5/16/2012	26.8	12.1	0
5/17/2012	24.4	10.1	18.2
5/18/2012	15.6	10.5	0
5/19/2012	25.6	12.5	0
5/20/2012	27.6	12.5	1
5/21/2012	23.3	14.4	0.6
5/22/2012	28	12.9	0
5/23/2012	26.4	11.7	0

5/24/2012	23.3	14.4	9
5/25/2012	27.2	13.3	0.2
5/26/2012	26.4	15.2	4.4
5/27/2012	23.3	12.5	22.2
5/28/2012	26.8	12.1	0.2
5/29/2012	24.4	14.1	6.6
5/30/2012	25.6	12.1	0.4
5/31/2012	29.1	12.5	0
6/1/2012	29.5	14.1	0
6/2/2012	31.2	13.7	0
6/3/2012	32	14.4	0
6/4/2012	33.2	15.6	0
6/5/2012	32.4	16	0.2
6/6/2012	31.2	14.4	0
6/7/2012	31.2	13.3	0
6/8/2012	31.6	15.6	0
6/9/2012	35.3	15.2	0
6/10/2012	34.1	17.5	0
6/11/2012	35.3	17.5	0
6/12/2012	37.9	16.8	0
6/13/2012	40.2	17.9	0
6/14/2012	36.2	18.3	0
6/15/2012	32.4	19.4	0
6/16/2012	32	18.7	0
6/17/2012	32	19	0
6/18/2012	33.6	13.3	0
6/19/2012	33.2	14.8	0
6/20/2012	34.9	20.6	0
6/21/2012	35.8	17.1	0

6/22/2012	37.1	16	0
6/23/2012	37.1	17.5	0
6/24/2012	37.1	20.2	1
6/25/2012	35.8	19.4	0.2
6/26/2012	36.2	19.8	0
6/27/2012	31.2	23.7	0
6/28/2012	33.2	18.7	0
6/29/2012	34.9	15.6	0
6/30/2012	33.6	17.1	0
7/1/2012	33.6	18.7	0
7/2/2012	32	17.5	0
7/3/2012	33.2	15.6	0
7/4/2012	36.2	13.7	0
7/5/2012	37.5	14.8	0
7/6/2012	37.9	17.5	0
7/7/2012	37.1	21.7	0
7/8/2012	38.4	21.3	0
7/9/2012	38.8	21.3	0
7/10/2012	38.4	20.6	0
7/11/2012	39.3	23.3	0
7/12/2012	41.1	20.2	0
7/13/2012	37.9	22.9	0
7/14/2012	37.9	19.8	0
7/15/2012	39.3	20.2	0
7/16/2012	42.5	21.3	0
7/17/2012	32.8	25.2	0
7/18/2012	32.8	19.8	0
7/19/2012	34.5	17.9	0
7/20/2012	36.6	17.1	0

7/21/2012	38.8	17.5	0
7/22/2012	36.2	16.8	0
7/23/2012	34.9	19.4	0
7/24/2012	34.1	22.1	0
7/25/2012	36.2	20.6	0
7/26/2012	37.9	21.3	0
7/27/2012	36.2	24	0
7/28/2012	37.5	22.1	0
7/29/2012	39.7	21.3	0
7/30/2012	39.3	24	0
7/31/2012	37.5	22.5	0
8/1/2012	33.2	21.3	0
8/2/2012	34.5	19	0
8/3/2012	35.8	17.9	0
8/4/2012	37.5	19	0
8/5/2012	38.8	20.2	0
8/6/2012	39.3	19.8	0
8/7/2012	40.2	20.6	0
8/8/2012	40.6	21.7	0
8/9/2012	36.2	23.3	0
8/10/2012	34.1	22.5	0
8/11/2012	32.4	17.9	1
8/12/2012	31.2	17.1	0.2
8/13/2012	33.2	17.9	0
8/14/2012	34.9	17.5	0
8/15/2012	36.2	20.2	0
8/16/2012	37.5	18.3	0
8/17/2012	33.6	19.4	0
8/18/2012	33.2	17.9	0

8/19/2012	32.8	17.9	0
8/20/2012	31.2	18.3	0
8/21/2012	32.8	17.1	0
8/22/2012	37.1	16.8	0
8/23/2012	39.7	18.3	0
8/24/2012	38.8	18.7	0
8/25/2012	39.7	18.7	0
8/26/2012	39.3	19	0
8/27/2012	37.9	18.7	0
8/28/2012	30.8	16	0
8/29/2012	32.8	15.2	0
8/30/2012	32.8	14.4	0
8/31/2012	32.4	14.1	0
9/1/2012	32.4	14.8	0
9/2/2012	29.9	14.4	0
9/3/2012	31.2	14.1	0
9/4/2012	33.6	13.7	0
9/5/2012	32.8	15.6	0
9/6/2012	34.1	15.2	0
9/7/2012	32.8	20.6	0
9/8/2012	29.9	17.5	0
9/9/2012	33.2	14.4	0
9/10/2012	28.7	15.6	0
9/11/2012	28.3	14.1	0
9/12/2012	29.1	14.1	0
9/13/2012	30.8	14.8	0
9/14/2012	26	18.7	17.8
9/15/2012	21	17.9	21.8
9/16/2012	25.6	16.4	1.2

9/17/2012	26.4	16.8	0
9/18/2012	27.6	16	2.4
9/19/2012	28	16.4	0
9/20/2012	29.9	16	0
9/21/2012	25.2	13.3	0
9/22/2012	26.4	9	0
9/23/2012	28.7	10.5	0
9/24/2012	30.8	12.9	0
9/25/2012	34.5	13.7	0
9/26/2012	34.9	15.6	0
9/27/2012	33.2	16	0
9/28/2012	33.2	15.2	0
9/29/2012	34.1	15.2	0
9/30/2012	32.4	14.1	0
10/1/2012	32.8	14.4	0
10/2/2012	32.3	14.2	0
10/3/2012	31.4	16	0
10/4/2012	29.4	17.4	0
10/5/2012	29.6	14.4	0
10/6/2012	29.7	13.2	0
10/7/2012	30.7	12.8	0
10/8/2012	28	15.4	0
10/9/2012	21.3	15.9	0.2
10/10/2012	23.3	16.1	1.4
10/11/2012	25	16.5	0.8
10/12/2012	27.2	14.2	0
10/13/2012	30	16.7	0
10/14/2012	30.1	18.7	0.2
10/15/2012	22.6	13.7	1

Πίνακας 4. Ύψος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

HEIGHT JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	1,33	1,45	1,65	1,56	1,50	1,51	1,66	1,72
205	1876	1,46	1,54	1,75	1,78	1,62	1,69	1,88	1,89
233	2443	1,78	2,10	2,36	2,12	1,98	2,35	2,09	2,08
250	2840	2,18	2,13	2,11	2,23	2,20	2,30	2,27	2,31
280	3295	2,22	2,05	2,56	2,42	2,31	2,38	2,55	2,63

Πίνακας 5. Ύψος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

HEIGHT JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	1,27	1,16	1,16	1,24	1,20	1,16	1,09	1,18
204	1353	1,27	1,41	1,14	1,20	1,30	1,24	1,18	1,27
219	1640	1,33	1,27	1,29	1,25	1,43	1,36	1,33	1,50
234	1890	1,33	1,22	1,27	1,23	1,70	1,55	1,60	1,71
251	2150	1,20	1,23	1,15	1,18	2,04	1,97	2,08	2,10
272	2404	1,44	1,21	1,30	1,27	1,93	1,84	1,98	1,99

Πίνακας 6. Χλωρό βάρος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

GREEN BIOMASS JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	28,75	29,88	40,90	40,00	35,27	32,95	43,40	47,30
205	1876	30,20	36,80	42,35	52,80	36,23	37,87	53,48	48,77
233	2443	40,00	46,87	58,20	55,53	37,31	56,33	69,78	49,35
250	2840	36,58	42,47	40,47	46,60	43,07	49,27	55,55	52,20
280	3295	33,07	32,07	55,53	45,27	41,20	39,69	57,67	61,07

Πίνακας 7. Χλωρό βάρος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

GREEN BIOMASS									
JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	21,60	20,35	19,73	22,35	22,68	21,30	21,80	22,80
204	1353	20,57	20,34	18,63	18,10	22,35	20,58	20,83	22,56
219	1640	21,35	20,50	21,30	20,60	34,08	27,35	25,87	30,97
234	1890	18,95	19,40	18,90	20,20	41,85	31,30	33,90	36,65
251	2150	18,98	19,29	18,13	18,33	47,30	43,20	49,45	49,70
272	2404	26,27	21,90	22,80	19,67	35,10	3100	40,60	44,45

Πίνακας 8. Συνολικό ξηρό βάρος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

TOTAL DRY WEIGHT									
JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	10,51	10,78	14,28	13,47	12,19	11,16	15,13	15,93
205	1876	11,72	13,45	15,03	18,59	13,49	15,16	18,73	16,66
233	2443	17,21	20,36	24,23	23,05	16,27	23,37	28,75	19,79
250	2840	16,97	18,96	18,50	20,49	20,26	20,87	25,00	24,34
280	3295	16,11	14,40	26,05	22,12	19,45	18,46	27,10	26,26

Πίνακας 9. Συνολικό ξηρό βάρος φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

TOTAL DRY WEIGHT									
JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	7,89	7,91	7,47	8,27	8,31	7,74	8,51	8,91
204	1353	8,91	8,27	7,95	8,16	9,79	9,13	8,82	10,02
219	1640	9,88	9,32	9,78	9,38	12,55	11,22	9,93	12,46
234	1890	8,71	8,96	9,14	9,30	15,92	11,45	12,32	13,71
251	2150	10,35	10,20	9,51	9,43	18,78	17,18	20,02	17,81
272	2404	10,75	8,58	9,37	8,06	13,64	11,34	16,33	15,72

Πίνακας 10. Ο δείκτης LAI των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

LAI JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	3,64	3,48	4,48	4,32	3,52	3,59	4,47	5,15
205	1876	4,15	4,80	5,12	6,34	4,17	4,52	6,81	5,73
233	2443	3,73	4,33	4,45	4,66	3,40	4,31	5,23	4,52
250	2840	2,86	2,64	2,99	3,08	2,50	2,65	4,21	3,17
280	3295	1,13	1,80	2,25	1,40	2,10	1,91	2,61	3,06

Πίνακας 11. Ο δείκτης LAI των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

LAI JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	3,13	2,89	3,25	3,11	3,40	3,16	3,34	3,84
204	1353	2,40	2,41	2,42	2,40	2,43	2,38	2,61	2,62
219	1640	1,80	1,91	1,88	2,11	4,48	3,67	3,33	3,63
234	1890	1,81	1,66	1,66	1,76	5,62	4,47	4,53	4,74
251	2150	0,52	1,16	0,88	0,95	5,58	4,79	5,48	4,93
272	2404	1,80	1,29	1,88	1,36	2,38	2,39	2,13	3,23

Πίνακας 12. SLA φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

SLA JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	11,62	10,92	10,95	11,84	10,29	12,04	10,11	11,39
205	1876	11,81	12,94	13,28	13,34	12,45	12,05	13,99	13,28
233	2443	10,86	10,41	10,92	11,24	11,20	10,15	10,52	11,54
250	2840	12,70	12,60	12,71	12,68	11,44	11,37	12,86	13,05
280	3295	11,13	11,40	10,95	10,42	11,60	13,50	11,02	12,77

Πίνακας 13. SLA φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

SLA JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	12,32	10,72	12,64	11,24	12,11	12,11	11,81	12,50
204	1353	11,05	11,13	11,96	11,44	10,21	10,24	11,21	10,60
219	1640	9,68	10,80	10,85	11,82	14,22	13,43	13,76	12,53
234	1890	11,85	11,49	11,64	10,84	16,64	16,38	15,41	15,06
251	2150	6,45	7,81	6,79	7,19	14,56	14,07	13,18	12,54
272	2404	10,81	11,63	13,90	12,05	15,23	15,92	14,00	15,04

Πίνακας 14. Ρυθμός ξηρού βάρους των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

DW GR RATE JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	10,61	10,89	14,42	13,60	12,32	11,27	15,28	16,09
205	1876	9,94	11,40	12,74	15,75	11,43	12,85	15,88	14,12
233	2443	11,79	13,95	16,60	15,78	11,14	16,01	19,69	13,56
250	2840	10,35	11,56	11,26	12,49	12,35	12,73	15,25	14,84
280	3295	8,35	7,46	13,50	11,46	10,08	9,57	14,04	13,61

Πίνακας 15. Ρυθμός ξηρού βάρους των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

DW GR RATE JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	8,77	8,79	8,30	9,19	9,23	8,60	9,46	9,90
204	1353	8,10	7,52	7,23	7,42	8,90	8,30	8,02	9,11
219	1640	7,90	7,46	7,82	7,50	10,04	8,98	7,95	9,97
234	1890	6,22	6,40	6,53	6,64	11,37	8,18	8,80	9,79
251	2150	6,59	6,50	6,06	6,01	11,96	10,94	12,75	11,34
272	2404	6,04	4,82	5,27	4,53	7,66	6,37	9,18	8,83

Πίνακας 16. Ρυθμός χλωρού βάρους των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στον Παλαμά.

FW GR RATE JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	29,04	30,18	41,31	40,40	35,61	33,28	43,84	47,78
205	1876	25,59	31,19	35,89	44,75	30,70	32,09	45,32	41,33
233	2443	27,40	32,10	39,86	37,90	25,55	38,58	47,79	33,80
250	2840	22,30	25,89	24,67	28,41	26,26	30,04	33,87	31,83
280	3295	17,13	16,61	28,77	23,45	21,35	20,57	29,88	31,64

Πίνακας 17. Ρυθμός χλωρού βάρους των φυτών για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις στο Βελεστίνο.

FW GR RATE JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	24,00	22,61	21,92	24,83	25,19	23,67	24,22	25,33
204	1353	18,70	18,49	16,93	16,45	20,32	18,70	18,93	20,51
219	1640	17,08	16,40	17,04	16,48	27,26	21,88	20,69	24,77
234	1890	13,54	13,86	13,50	14,43	29,89	22,36	24,21	26,18
251	2150	12,09	12,29	11,55	11,68	30,13	27,52	31,50	31,66
272	2404	14,76	12,30	12,81	11,05	19,72	17,42	22,81	24,97

Πίνακας 18. Ο λόγος του ξηρού προς το χλωρό βάρος στον Παλαμά.

TDW/TFW JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	1482	0,37	0,36	0,35	0,34	0,35	0,34	0,35	0,34
205	1876	0,40	0,37	0,35	0,35	0,37	0,40	0,35	0,34
233	2443	0,42	0,44	0,42	0,42	0,44	0,41	0,41	0,40
250	2840	0,46	0,45	0,45	0,44	0,47	0,43	0,45	0,47
280	3295	0,49	0,46	0,47	0,49	0,48	0,47	0,47	0,43

Πίνακας 19. Ο λόγος του ξηρού προς το χλωρό βάρος στο Βελεστίνο.

TDW/TFW JD	GDD	I1N1	I1N2	I1N3	I1N4	I2N1	I2N2	I2N3	I2N4
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	982	0,37	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,39	0,39
204	1353	0,43	0,41	0,43	0,45	0,44	0,44	0,42	0,44
219	1640	0,46	0,45	0,46	0,46	0,38	0,41	0,39	0,40
234	1890	0,46	0,46	0,48	0,46	0,38	0,37	0,37	0,37
251	2150	0,55	0,53	0,52	0,51	0,40	0,40	0,41	0,36
272	2404	0,41	0,40	0,41	0,41	0,39	0,37	0,41	0,36

Στατιστικά Αποτελέσματα για την περιοχή του Παλαμά

GenStat Release 7.1 (PC/Windows XP) 26 April 2013
14:20:27
Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station)

GenStat Seventh Edition
GenStat Procedure Library Release PL15

```
1 %CD 'C:/Documents and Settings/Kyriakos G/My Documents'  
2 "Data taken from File: \  
-3 C:/Documents and Settings/Kyriakos G/Desktop/Results PhD/4th  
year experiments to switchgrass/Final/Statistical Analysis Palamas  
2012.xls\  
-4 "  
5 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_  
6 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_  
10 PRINT [IPrint=*] _stitle_; Just=Left
```

Data imported from Excel file: C:\Documents and Settings\Kyriakos
G\Desktop\Res
ults PhD\4th year experiments to switchgrass\Final\Statistical
Analysis Palamas
2012.xls
on: 26-Apr-2013 14:20:52

taken from sheet ""Sampling 5"", cells A2:P33

```
11 DELETE [redefine=yes]  
Blocks,Irrigation,Fertilization,height,total_weight,\  
12  
TDW_of_m2,LAI,SLA,LEAVES_M2,STEMS_M2,Br_LEAVES_M2,FLOWER_M2,D_LEAVES_  
M2,\  
13 D_STEMS_M2,D_Br_LEAVES_M2,D_FLOWER_M2  
14 UNITS [NVALUES=*]  
15 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1] Blocks  
16 READ Blocks; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Blocks	32	0	4

```
18 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=2;reference=1] Irrigation  
19 READ Irrigation; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Irrigation	32	0	2

```
21 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1]  
Fertilization  
22 READ Fertilization; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
Fertilization	32	0	4

24 VARIATE [nvalues=32] height
 25 READ height

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
height	1.500	2.391	2.930	32	0

29 VARIATE [nvalues=32] total_weight
 30 READ total_weight

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
total_weight	10.20	45.69	71.00	32	0

35 VARIATE [nvalues=32] TDW_of_m2
 36 READ TDW_of_m2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
TDW_of_m2	4.786	21.24	30.45	32	0

45 VARIATE [nvalues=32] LAI
 46 READ LAI

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
LAI	0.4697	2.033	5.051	32	0

55 VARIATE [nvalues=32] SLA
 56 READ SLA

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
SLA	7.256	11.60	15.51	32	0

65 VARIATE [nvalues=32] LEAVES_M2
 66 READ LEAVES_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
LEAVES_M2	1.004	4.357	9.900	32	0

75 VARIATE [nvalues=32] STEMS_M2
 76 READ STEMS_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
STEMS_M2	6.785	32.44	48.49	32	0

85 VARIATE [nvalues=32] Br_LEAVES_M2
 86 READ Br_LEAVES_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Br_LEAVES_M2	0.5703	3.124	5.947	32	0

95 VARIATE [nvalues=32] FLOWER_M2
 96 READ FLOWER_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
FLOWER_M2	1.605	5.772	10.20	32	0

105 VARIATE [nvalues=32] D_LEAVES_M2
 106 READ D_LEAVES_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
D_LEAVES_M2	0.3563	1.745	4.068	32	0

```

115  VARIATE [nvalues=32] D_STEMS_M2
116  READ D_STEMS_M2

      Identifier      Minimum      Mean      Maximum      Values      Missing
      D_STEMS_M2      3.154      14.38      20.95      32      0

125  VARIATE [nvalues=32] D_Br_LEAVES_M2
126  READ D_Br_LEAVES_M2

      Identifier      Minimum      Mean      Maximum      Values      Missing
      D_Br_LEAVES_M2      0.3521      2.236      4.623      32      0

135  VARIATE [nvalues=32] D_FLOWER_M2
136  READ D_FLOWER_M2

      Identifier      Minimum      Mean      Maximum      Values      Missing
      D_FLOWER_M2      0.7354      2.886      5.130      32      0

145
146  "Split-Plot Design."
147  BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
148  TREATMENTS Irrigation*Fertilization
149  COVARIATE "No Covariate"
150  ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
151  LSDLEVEL=5] height

```

151.....

***** Analysis of variance *****

Variate: height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.09482	0.03161	0.68	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.19272	0.19272	4.17	0.134
Residual	3	0.13877	0.04626	0.77	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	0.74754	0.24918	4.13	0.022
Irrigation.Fertilization	3	0.13102	0.04367	0.72	0.551
Residual	18	1.08669	0.06037		
Total	31	2.39155			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 2	-0.457	s.e.
0.184				
Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 3	0.461	s.e.
0.184				

***** Tables of means *****

Variate: height

Grand mean 2.391

Irrigation	1	2			
	2.313	2.468			
Fertilization	1	2	3	4	
	2.263	2.215	2.556	2.528	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		2.217	2.050	2.562	2.423
2		2.310	2.380	2.550	2.633

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0538	0.0869	0.1192
d.f.	3	18	20.39
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.1229
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.0760	0.1229	0.1686
d.f.	3	18	20.39

Except when comparing means with the same level(s) of
Irrigation 0.1737
d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.2420	0.2581	0.3512
d.f.	3	18	20.39

Except when comparing means with the same level(s) of
Irrigation 0.3650
d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: height

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.0629	2.6
Blocks.Irrigation	3	0.1075	4.5
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.2457	10.3

```

152 "Split-Plot Design."
153 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
154 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
155 COVARIATE "No Covariate"
156 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
157 LSDLEVEL=5] total_weight

```

157.....

***** Analysis of variance *****

Variate: total_weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	426.0	142.0	23.15	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	567.6	567.6	92.55	0.002
Residual	3	18.4	6.1	0.04	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	2755.2	918.4	5.88	0.006
Irrigation.Fertilization	3	189.4	63.1	0.40	0.752
Residual	18	2811.4	156.2		
Total	31	6767.9			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	26.8	s.e.
9.4				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 3	-22.0	s.e.
9.4				

***** Tables of means *****

Variate: total_weight

Grand mean 45.7

Irrigation	1	2			
	41.5	49.9			
Fertilization	1	2	3	4	
	37.1	35.9	56.6	53.2	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		33.1	32.1	55.5	45.3
2		41.2	39.7	57.7	61.1

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization	
rep.	16	8	4	
e.s.e.	0.62	4.42	5.45	
d.f.	3	18	18.46	
Except when comparing means with the same level(s) of				
Irrigation			6.25	
d.f.			18	

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.88	6.25	7.70
d.f.	3	18	18.46

Except when comparing means with the same level(s) of
 Irrigation 8.84
 d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	2.79	13.13	16.15
d.f.	3	18	18.46

Except when comparing means with the same level(s) of
 Irrigation 18.57
 d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: total_weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	4.21	9.2
Blocks.Irrigation	3	1.24	2.7
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	12.50	27.3

```

158 "Split-Plot Design."
159 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
160 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
161 COVARIATE "No Covariate"
162 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
163 LSDLEVEL=5] TDW_of_m2

```

163.....

***** Analysis of variance *****

Variate: TDW_of_m2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	87.26	29.09	11.86	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	79.21	79.21	32.30	0.011
Residual	3	7.36	2.45	0.10	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	578.18	192.73	8.16	0.001
Irrigation.Fertilization	3	12.58	4.19	0.18	0.910
Residual	18	425.22	23.62		
Total	31	1189.81			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 2	-7.45	s.e.
3.65				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	10.14	s.e.
3.65				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 3	-8.55	s.e.
3.65				

***** Tables of means *****

Variate: TDW_of_m2

Grand mean 21.24

Irrigation	1	2
	19.67	22.82

Fertilization	1	2	3	4
	17.78	16.43	26.57	24.19

Irrigation Fertilization	1	2	3	4
1	16.11	14.40	26.05	22.12
2	19.45	18.46	27.10	26.26

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.391	1.718	2.141
d.f.	3	18	19.13
Except when comparing means with the same level(s) of Irrigation			2.430

d.f. 18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.554	2.430	3.027
d.f.	3	18	19.13
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			3.437
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	1.762	5.106	6.334
d.f.	3	18	19.13
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			7.220
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: TDW_of_m2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	1.907	9.0
Blocks.Irrigation	3	0.783	3.7
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	4.860	22.9

```

164 "Split-Plot Design."
165 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
166 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
167 COVARIATE "No Covariate"
168 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
169 LSDLEVEL=5] LAI

```

169.....

***** Analysis of variance *****

Variate: LAI

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	2.246	0.749	9.88	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	4.811	4.811	63.52	0.004
Residual	3	0.227	0.076	0.03	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	3.233	1.078	0.48	0.699
Irrigation.Fertilization	3	2.863	0.954	0.43	0.737
Residual	18	40.298	2.239		
Total	31	53.678			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3 Irrigation 1 Fertilization 2 2.60 s.e.
 1.12

***** Tables of means *****

Variate: LAI

Grand mean 2.03

Irrigation	1	2			
	1.65	2.42			
Fertilization	1	2	3	4	
	1.62	1.86	2.43	2.23	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		1.13	1.80	2.25	1.40
2		2.10	1.91	2.61	3.06

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.069	0.529	0.652
d.f.	3	18	18.39
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.748
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.097	0.748	0.921
d.f.	3	18	18.39
Except when comparing means with the same level(s) of Irrigation			1.058
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.310	1.572	1.933
d.f.	3	18	18.39
Except when comparing means with the same level(s) of Irrigation			2.223
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: LAI

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.306	15.0
Blocks.Irrigation	3	0.138	6.8
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	1.496	73.6

```

170 "Split-Plot Design."
171 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
172 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
173 COVARIATE "No Covariate"
174 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
175 LSDLEVEL=5] SLA

```

175.....

***** Analysis of variance *****

Variate: SLA

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	17.318	5.773	2.70	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	12.492	12.492	5.85	0.094
Residual	3	6.408	2.136	0.68	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	9.278	3.093	0.98	0.424
Irrigation.Fertilization	3	7.830	2.610	0.83	0.496
Residual	18	56.845	3.158		
Total	31	110.170			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 3	3.61	s.e.
1.33				
Blocks 4	Irrigation 1	Fertilization 4	-2.89	s.e.
1.33				

***** Tables of means *****

Variate: SLA

Grand mean 11.60

Irrigation	1	2
	10.97	12.22

Fertilization	1	2	3	4
	11.36	12.45	10.99	11.59

Irrigation Fertilization	1	2	3	4
1	11.13	11.40	10.95	10.42
2	11.60	13.50	11.02	12.77

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.365	0.628	0.852
d.f.	3	18	20.71
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.889
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.517	0.889	1.205
d.f.	3	18	20.71
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.257
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	1.644	1.867	2.507
d.f.	3	18	20.71
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			2.640
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: SLA

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.849	7.3
Blocks.Irrigation	3	0.731	6.3
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	1.777	15.3

```

176 "Split-Plot Design."
177 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
178 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
179 COVARIATE "No Covariate"
180 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
181 LSDLEVEL=5] LEAVES_M2

```

181.....

***** Analysis of variance *****

Variate: LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	6.311	2.104	7.50	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	11.962	11.962	42.65	0.007
Residual	3	0.841	0.280	0.03	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	20.674	6.891	0.70	0.562
Irrigation.Fertilization	3	13.076	4.359	0.44	0.724
Residual	18	176.422	9.801		
Total	31	229.287			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3 Irrigation 1 Fertilization 2 5.61 s.e.
 2.35

***** Tables of means *****

Variate: LEAVES_M2

Grand mean 4.36

Irrigation	1	2			
	3.75	4.97			
Fertilization	1	2	3	4	
	3.43	3.72	5.36	4.92	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		2.51	3.94	5.08	3.45
2		4.36	3.50	5.63	6.39

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.132	1.107	1.362
d.f.	3	18	18.34
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.565
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.187	1.565	1.926
d.f.	3	18	18.34
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			2.214
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.596	3.289	4.042
d.f.	3	18	18.34
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			4.651
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.513	11.8
Blocks.Irrigation	3	0.265	6.1
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	3.131	71.9

```

182 "Split-Plot Design."
183 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
184 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
185 COVARIATE "No Covariate"
186 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
187 LSDLEVEL=5] STEMS_M2

```

187.....

***** Analysis of variance *****

Variate: STEMS_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	229.12	76.37	17.29	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	315.88	315.88	71.52	0.003
Residual	3	13.25	4.42	0.08	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	1272.32	424.11	7.21	0.002
Irrigation.Fertilization	3	114.89	38.30	0.65	0.593
Residual	18	1058.83	58.82		
Total	31	3004.29			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	16.2	s.e.
5.8				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 3	-14.8	s.e.
5.8				

***** Tables of means *****

Variate: STEMS_M2

Grand mean 32.4

Irrigation	1	2			
	29.3	35.6			
Fertilization	1	2	3	4	
	27.0	25.4	39.5	37.9	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		23.7	21.8	39.3	32.4
2		30.2	29.0	39.7	43.4

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization	
rep.	16	8	4	
e.s.e.	0.53	2.71	3.36	
d.f.	3	18	18.84	
Except when comparing means with the same level(s) of				
Irrigation			3.83	
d.f.			18	

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.74	3.83	4.76
d.f.	3	18	18.84

Except when comparing means with the same level(s) of
Irrigation 5.42
d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	2.36	8.06	9.96
d.f.	3	18	18.84

Except when comparing means with the same level(s) of
Irrigation 11.39
d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: STEMS_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	3.09	9.5
Blocks.Irrigation	3	1.05	3.2
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	7.67	23.6

```

188 "Split-Plot Design."
189 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
190 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
191 COVARIATE "No Covariate"
192 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
193 LSDLEVEL=5] Br_LEAVES_M2

```

193.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Br_LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	1.6428	0.5476	0.97	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.7333	0.7333	1.30	0.336
Residual	3	1.6880	0.5627	0.68	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	10.8542	3.6181	4.36	0.018
Irrigation.Fertilization	3	2.2297	0.7432	0.90	0.462
Residual	18	14.9286	0.8294		
Total	31	32.0766			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 2 Irrigation 2 Fertilization 4 1.38 s.e.
 0.68

***** Tables of means *****

Variate: Br_LEAVES_M2

Grand mean 3.12

Irrigation	1	2			
	2.97	3.28			
Fertilization	1	2	3	4	
	2.76	2.37	3.78	3.59	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		2.81	1.92	3.94	3.22
2		2.70	2.82	3.62	3.96

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.188	0.322	0.437
d.f.	3	18	20.71
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.455
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.265	0.455	0.618
d.f.	3	18	20.71
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.644
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.844	0.957	1.285
d.f.	3	18	20.71
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.353
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Br_LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.262	8.4
Blocks.Irrigation	3	0.375	12.0
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.911	29.1

```

194 "Split-Plot Design."
195 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
196 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
197 COVARIATE "No Covariate"
198 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
199 LSDLEVEL=5] FLOWER_M2

```

199.....

***** Analysis of variance *****

Variate: FLOWER_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	4.903	1.634	4.02	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	3.012	3.012	7.42	0.072
Residual	3	1.219	0.406	0.10	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	87.309	29.103	7.32	0.002
Irrigation.Fertilization	3	3.752	1.251	0.31	0.815
Residual	18	71.592	3.977		
Total	31	171.787			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3 Irrigation 1 Fertilization 2 4.33 s.e.
 1.50

***** Tables of means *****

Variate: FLOWER_M2

Grand mean 5.77

Irrigation	1	2			
	5.47	6.08			
Fertilization	1	2	3	4	
	3.98	4.39	7.97	6.75	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		4.02	4.41	7.23	6.20
2		3.93	4.38	8.70	7.30

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.159	0.705	0.878
d.f.	3	18	19.11
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.997
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.225	0.997	1.242
d.f.	3	18	19.11
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.410
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.717	2.095	2.598
d.f.	3	18	19.11
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			2.963
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: FLOWER_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.452	7.8
Blocks.Irrigation	3	0.319	5.5
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	1.994	34.6

```

200 "Split-Plot Design."
201 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
202 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
203 COVARIATE "No Covariate"
204 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
205 LSDLEVEL=5] D_LEAVES_M2

```

205.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.657	0.219	3.77	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	1.473	1.473	25.35	0.015
Residual	3	0.174	0.058	0.04	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	3.729	1.243	0.78	0.520
Irrigation.Fertilization	3	1.534	0.511	0.32	0.810
Residual	18	28.630	1.591		
Total	31	36.197			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 3 Irrigation 1 Fertilization 2 2.25 s.e.
 0.95

***** Tables of means *****

Variate: D_LEAVES_M2

Grand mean 1.75

Irrigation	1	2			
	1.53	1.96			
Fertilization	1	2	3	4	
	1.39	1.48	2.25	1.87	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		1.04	1.59	2.09	1.40
2		1.74	1.37	2.40	2.34

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.060	0.446	0.549
d.f.	3	18	18.42
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.631
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.085	0.631	0.777
d.f.	3	18	18.42
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.892
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.271	1.325	1.630
d.f.	3	18	18.42
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.874
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.165	9.5
Blocks.Irrigation	3	0.121	6.9
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	1.261	72.3

```

206 "Split-Plot Design."
207 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
208 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
209 COVARIATE "No Covariate"
210 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
211 LSDLEVEL=5] D_STEMS_M2

```

211.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_STEMS_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	47.558	15.853	7.33	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	36.799	36.799	17.02	0.026
Residual	3	6.486	2.162	0.24	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	224.112	74.704	8.29	0.001
Irrigation.Fertilization	3	9.924	3.308	0.37	0.778
Residual	18	162.203	9.011		
Total	31	487.082			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 2	-4.84	s.e.
2.25				
Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 3	5.20	s.e.
2.25				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	5.67	s.e.
2.25				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 3	-5.43	s.e.
2.25				

***** Tables of means *****

Variate: D_STEMS_M2

Grand mean 14.38

Irrigation	1	2		
	13.30	15.45		
Fertilization	1	2	3	4
	12.32	11.24	17.50	16.44
Irrigation Fertilization	1	2	3	4
1		10.99	9.54	17.30
2		13.65	12.95	17.69
			17.30	15.38
			17.69	17.51

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.368	1.061	1.351
d.f.	3	18	20.22

Except when comparing means with the same level(s) of
 Irrigation 1.501
 d.f. 18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.520	1.501	1.910
d.f.	3	18	20.22

Except when comparing means with the same level(s) of
 Irrigation 2.123
 d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	1.654	3.153	3.982
d.f.	3	18	20.22

Except when comparing means with the same level(s) of
 Irrigation 4.460
 d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_STEMS_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	1.408	9.8
Blocks.Irrigation	3	0.735	5.1
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	3.002	20.9

```

212 "Split-Plot Design."
213 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
214 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
215 COVARIATE "No Covariate"
216 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
217 LSDLEVEL=5] D_Br_LEAVES_M2

```

217.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_Br_LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	1.4512	0.4837	1.79	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.5225	0.5225	1.93	0.259
Residual	3	0.8120	0.2707	0.54	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	5.7382	1.9127	3.79	0.029
Irrigation.Fertilization	3	0.9278	0.3093	0.61	0.615
Residual	18	9.0735	0.5041		
Total	31	18.5252			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 2 Irrigation 2 Fertilization 4 1.34 s.e.
 0.53

***** Tables of means *****

Variate: D_Br_LEAVES_M2

Grand mean 2.24

Irrigation	1	2			
	2.11	2.36			
Fertilization	1	2	3	4	
	2.06	1.63	2.68	2.58	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		2.02	1.33	2.79	2.30
2		2.10	1.93	2.58	2.86

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.130	0.251	0.334
d.f.	3	18	20.99
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.355
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.184	0.355	0.472
d.f.	3	18	20.99
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.502
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.585	0.746	0.982
d.f.	3	18	20.99
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.055
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_Br_LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.246	11.0
Blocks.Irrigation	3	0.260	11.6
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.710	31.7

```

218 "Split-Plot Design."
219 BLOCK Blocks/Irrigation/Fertilization
220 TREATMENTS Irrigation*Fertilization
221 COVARIATE "No Covariate"
222 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
223 LSDLEVEL=5] D_FLOWER_M2

```

223.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_FLOWER_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
Blocks stratum	3	0.6229	0.2076	1.07	
Blocks.Irrigation stratum					
Irrigation	1	0.8054	0.8054	4.16	0.134
Residual	3	0.5814	0.1938	0.27	
Blocks.Irrigation.Fertilization stratum					
Fertilization	3	25.5387	8.5129	11.64	<.001
Irrigation.Fertilization	3	0.5269	0.1756	0.24	0.867
Residual	18	13.1592	0.7311		
Total	31	41.2345			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

Blocks 1	Irrigation 1	Fertilization 4	1.37	s.e.
0.64				
Blocks 3	Irrigation 1	Fertilization 2	1.83	s.e.
0.64				

***** Tables of means *****

Variate: D_FLOWER_M2

Grand mean 2.89

Irrigation	1	2			
	2.73	3.05			
Fertilization	1	2	3	4	
	2.01	2.08	4.15	3.30	
Irrigation Fertilization		1	2	3	4
1		2.05	1.94	3.87	3.05
2		1.97	2.22	4.43	3.56

*** Standard errors of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.110	0.302	0.386
d.f.	3	18	20.37
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.428
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.156	0.428	0.546
d.f.	3	18	20.37
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			0.605
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	Irrigation	Fertilization	Irrigation Fertilization
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.495	0.898	1.138
d.f.	3	18	20.37
Except when comparing means with the same level(s) of			
Irrigation			1.270
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_FLOWER_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
Blocks	3	0.161	5.6
Blocks.Irrigation	3	0.220	7.6
Blocks.Irrigation.Fertilization	18	0.855	29.6

Στατιστικά Αποτελέσματα για την περιοχή του Βελεστίνου

GenStat Release 7.1 (PC/Windows XP) 26 April 2013
15:31:29
Copyright 2003, Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental
Station)

GenStat Seventh Edition
GenStat Procedure Library Release PL15

```
1 %CD 'C:/Documents and Settings/Kyriakos G/My Documents'  
2 "Data taken from File: \  
-3 C:/Documents and Settings/Kyriakos G/Desktop/Results PhD/4th  
year experiments to switchgrass/Final/statistical analysis velestino  
2012.xls\  
-4 "  
5 DELETE [Redefine=yes] _stitle_: TEXT _stitle_  
6 READ [print=*;SETNVALUES=yes] _stitle_  
10 PRINT [IPrint=*] _stitle_; Just=Left
```

Data imported from Excel file: C:\Documents and Settings\Kyriakos
G\Desktop\Res
ults PhD\4th year experiments to switchgrass\Final\statistical
analysis
velestino 2012.xls
on: 26-Apr-2013 15:32:23

taken from sheet ""Sampling 6"", cells A2:P33

```
11 DELETE [redefine=yes]  
BLOCKS,IRRIGATION,FERTILIZATION,height,TF_Weight,\br/>12  
TDW_of_m2,LAI,SLA,LEAVES_M2,STEMS_M2,Br_LEAVES_M2,FLOWER_M2,D_LEAVES_  
M2,\br/>13 D_STEMS_M2,D_Br_LEAVES_M2,D_FLOWER_M2  
14 UNITS [NVALUES=*]  
15 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1] BLOCKS  
16 READ BLOCKS; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
BLOCKS	32	0	4

```
18 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=2;reference=1] IRRIGATION  
19 READ IRRIGATION; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
IRRIGATION	32	0	2

```
21 FACTOR [modify=yes;nvalues=32;levels=4;reference=1]  
FERTILIZATION  
22 READ FERTILIZATION; frepresentation=ordinal
```

Identifier	Values	Missing	Levels
FERTILIZATION	32	0	4

24 VARIATE [nvalues=32] height
 25 READ height

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
height	1.080	1.620	2.200	32	0

29 VARIATE [nvalues=32] TF_Weight
 30 READ TF_Weight

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
TF_Weight	15.80	30.22	59.20	32	0

34 VARIATE [nvalues=32] TDW_of_m2
 35 READ TDW_of_m2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
TDW_of_m2	6.650	11.73	22.10	32	0

44 VARIATE [nvalues=32] LAI
 45 READ LAI

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
LAI	0.7893	2.090	4.264	32	0

54 VARIATE [nvalues=32] SLA
 55 READ SLA

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
SLA	7.826	13.70	18.10	32	0

64 VARIATE [nvalues=32] LEAVES_M2
 65 READ LEAVES_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
LEAVES_M2	1.650	4.464	7.900	32	0

74 VARIATE [nvalues=32] STEMS_M2
 75 READ STEMS_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
STEMS_M2	10.99	21.25	39.13	32	0

84 VARIATE [nvalues=32] Br_LEAVES_M2
 85 READ Br_LEAVES_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
Br_LEAVES_M2	1.166	2.701	6.247	32	0

94 VARIATE [nvalues=32] FLOWER_M2
 95 READ FLOWER_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
FLOWER_M2	0.0000	1.807	7.693	32	0

Skew

101 VARIATE [nvalues=32] D_LEAVES_M2
 102 READ D_LEAVES_M2

Identifier	Minimum	Mean	Maximum	Values	Missing
D_LEAVES_M2	0.5983	1.504	2.607	32	0

```

111  VARIATE [nvalues=32] D_STEMS_M2
112  READ D_STEMS_M2

      Identifier      Minimum      Mean      Maximum      Values      Missing
      D_STEMS_M2      4.706      8.349      14.42      32      0

121  VARIATE [nvalues=32] D_Br_LEAVES_M2
122  READ D_Br_LEAVES_M2

      Identifier      Minimum      Mean      Maximum      Values      Missing
      D_Br_LEAVES_M2      0.4029      1.235      2.581      32      0

131  VARIATE [nvalues=32] D_FLOWER_M2
132  READ D_FLOWER_M2

      Identifier      Minimum      Mean      Maximum      Values      Missing
      D_FLOWER_M2      0.0000      0.6384      2.960      32      0
Skew

138
139  "Split-Plot Design."
140  BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
141  TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
142  COVARIATE "No Covariate"
143  ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
144  LSDLEVEL=5] height

```


144.....

***** Analysis of variance *****

Variate: height

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	0.20961	0.06987	3.51	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	3.16052	3.16052	158.62	0.001
Residual	3	0.05978	0.01993	1.00	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	0.10591	0.03530	1.77	0.190
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	0.05746	0.01915	0.96	0.434
Residual	18	0.35969	0.01998		
Total	31	3.95297			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 2	IRRIGATION 1	FERTILIZATION 1	0.309	s.e.
0.106				
BLOCKS 2	IRRIGATION 1	FERTILIZATION 2	-0.217	s.e.
0.106				

***** Tables of means *****

Variate: height

Grand mean 1.620

IRRIGATION	1	2
	1.306	1.934

FERTILIZATION	1	2	3	4
	1.683	1.527	1.640	1.630

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	1.437	1.213	1.303	1.270
2	1.930	1.840	1.978	1.990

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0353	0.0500	0.0707
d.f.	3	18	19.22
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.0707
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.0499	0.0707	0.0999
d.f.	3	18	19.22

Except when comparing means with the same level(s) of
IRRIGATION 0.1000
d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.1588	0.1485	0.2090
d.f.	3	18	19.22

Except when comparing means with the same level(s) of
IRRIGATION 0.2100
d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: height

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.0935	5.8
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.0706	4.4
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	0.1414	8.7

```

145 "Split-Plot Design."
146 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
147 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
148 COVARIATE "No Covariate"
149 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
150 LSDLEVEL=5] TF_Weight

```

150.....

***** Analysis of variance *****

Variate: TF_Weight

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	191.03	63.68	1.12	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	1831.13	1831.13	32.29	0.011
Residual	3	170.13	56.71	1.37	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	159.98	53.33	1.29	0.309
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	352.65	117.55	2.84	0.067
Residual	18	745.84	41.44		
Total	31	3450.77			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 1	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	9.9	s.e.
4.8				
BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-12.2	s.e.
4.8				
BLOCKS 3	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	12.5	s.e.
4.8				

***** Tables of means *****

Variate: TF_Weight

Grand mean 30.2

IRRIGATION	1	2
	22.7	37.8

FERTILIZATION	1	2	3	4
	30.7	26.5	31.7	32.1

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	26.3	21.9	22.8	19.7
2	35.1	31.0	40.6	44.5

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	1.88	2.28	3.36
d.f.	3	18	16.97
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			3.22

d.f. 18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	2.66	3.22	4.76
d.f.	3	18	16.97
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			4.55
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	8.47	6.76	10.04
d.f.	3	18	16.97
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			9.56
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: TF_Weight

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	2.82	9.3
BLOCKS.IRRIGATION	3	3.77	12.5
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	6.44	21.3

```

151 "Split-Plot Design."
152 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
153 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
154 COVARIATE "No Covariate"
155 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
156 LSDLEVEL=5] TDW_of_m2

```

156.....

***** Analysis of variance *****

Variate: TDW_of_m2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	29.303	9.768	1.54	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	205.561	205.561	32.41	0.011
Residual	3	19.025	6.342	1.60	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	37.049	12.350	3.12	0.052
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	40.730	13.577	3.43	0.039
Residual	18	71.285	3.960		
Total	31	402.953			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-3.40	s.e.
1.49				
BLOCKS 3	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	3.84	s.e.
1.49				

***** Tables of means *****

Variate: TDW_of_m2

Grand mean 11.73

IRRIGATION	1	2			
	9.19	14.26			
FERTILIZATION	1	2	3	4	
	12.20	9.96	12.85	11.89	
IRRIGATION	FERTILIZATION	1	2	3	4
1		10.75	8.58	9.37	8.06
2		13.64	11.34	16.33	15.72

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION
			FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.630	0.704	1.067
d.f.	3	18	15.63
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.995
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.890	0.995	1.509
d.f.	3	18	15.63
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			1.407
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	2.833	2.090	3.206
d.f.	3	18	15.63
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			2.956
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: TDW_of_m2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	1.105	9.4
BLOCKS.IRRIGATION	3	1.259	10.7
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	1.990	17.0

```

157 "Split-Plot Design."
158 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
159 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
160 COVARIATE "No Covariate"
161 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
162 LSDLEVEL=5] LAI

```

162.....

***** Analysis of variance *****

Variate: LAI

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	1.2594	0.4198	1.77	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	8.2438	8.2438	34.85	0.010
Residual	3	0.7097	0.2366	0.51	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	1.4414	0.4805	1.04	0.401
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	4.0421	1.3474	2.90	0.063
Residual	18	8.3558	0.4642		
Total	31	24.0523			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 1	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	1.36	s.e.
0.51				
BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-1.55	s.e.
0.51				

***** Tables of means *****

Variate: LAI

Grand mean 2.09

IRRIGATION	1	2
	1.58	2.60

FERTILIZATION	1	2	3	4
	2.09	1.84	2.01	2.42

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	1.80	1.29	1.88	1.36
2	2.38	2.39	2.13	3.49

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION
			FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.122	0.241	0.319
d.f.	3	18	21
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.341
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.172	0.341	0.451
d.f.	3	18	21
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.482
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.547	0.716	0.938
d.f.	3	18	21
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			1.012
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: LAI

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.229	11.0
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.243	11.6
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	0.681	32.6

```

163 "Split-Plot Design."
164 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
165 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
166 COVARIATE "No Covariate"
167 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
168 LSDLEVEL=5] SLA

```


168.....

***** Analysis of variance *****

Variate: SLA

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	5.479	1.826	5.71	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	82.717	82.717	258.50	<.001
Residual	3	0.960	0.320	0.09	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	1.356	0.452	0.12	0.945
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	29.144	9.715	2.64	0.081
Residual	18	66.272	3.682		
Total	31	185.929			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 1	IRRIGATION 1	FERTILIZATION 2	3.72	s.e.
1.44				
BLOCKS 2	IRRIGATION 1	FERTILIZATION 2	-3.24	s.e.
1.44				
BLOCKS 2	IRRIGATION 1	FERTILIZATION 3	3.33	s.e.
1.44				

***** Tables of means *****

Variate: SLA

Grand mean 13.70

IRRIGATION	1	2
	12.10	15.31

FERTILIZATION	1	2	3	4
	13.38	13.78	13.95	13.71

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	10.81	11.63	13.90	12.05
2	15.95	15.92	14.00	15.37

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.141	0.678	0.843
d.f.	3	18	18.96
Except when comparing means with the same level(s) of IRRIGATION			0.959

d.f. 18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.200	0.959	1.192
d.f.	3	18	18.96
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			1.357
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.636	2.016	2.495
d.f.	3	18	18.96
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			2.851
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: SLA

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.478	3.5
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.283	2.1
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	1.919	14.0

```

169 "Split-Plot Design."
170 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
171 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
172 COVARIATE "No Covariate"
173 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
174 LSDLEVEL=5] LEAVES_M2

```

174.....

***** Analysis of variance *****

Variate: LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	5.812	1.937	0.89	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	9.941	9.941	4.57	0.122
Residual	3	6.522	2.174	1.85	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	4.961	1.654	1.41	0.273
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	13.749	4.583	3.90	0.026
Residual	18	21.152	1.175		
Total	31	62.137			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 1	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	1.94	s.e.
0.81				
BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-2.63	s.e.
0.81				

***** Tables of means *****

Variate: LEAVES_M2

Grand mean 4.46

IRRIGATION	1	2			
	3.91	5.02			
FERTILIZATION	1	2	3	4	
	4.49	4.09	4.19	5.10	
IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4	
1		4.46	3.53	4.16	3.47
2		4.51	4.64	4.21	6.73

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION	
			FERTILIZATION	
rep.	16	8	4	
e.s.e.	0.369	0.383	0.597	
d.f.	3	18	14.34	
Except when comparing means with the same level(s) of				
IRRIGATION			0.542	
d.f.			18	

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.521	0.542	0.844
d.f.	3	18	14.34

Except when comparing means with the same level(s) of
IRRIGATION 0.767
d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	1.659	1.139	1.806
d.f.	3	18	14.34

Except when comparing means with the same level(s) of
IRRIGATION 1.610
d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.492	11.0
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.737	16.5
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	1.084	24.3

```

175 "Split-Plot Design."
176 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
177 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
178 COVARIATE "No Covariate"
179 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
180 LSDLEVEL=5] STEMS_M2

```

180.....

***** Analysis of variance *****

Variate: STEMS_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	78.77	26.26	1.20	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	755.21	755.21	34.43	0.010
Residual	3	65.80	21.93	1.28	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	79.86	26.62	1.56	0.234
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	162.70	54.23	3.18	0.049
Residual	18	307.38	17.08		
Total	31	1449.71			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 1	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	6.95	s.e.
3.10				
BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-7.36	s.e.
3.10				
BLOCKS 3	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	7.38	s.e.
3.10				

***** Tables of means *****

Variate: STEMS_M2

Grand mean 21.25

IRRIGATION	1	2
	16.39	26.11

FERTILIZATION	1	2	3	4
	21.85	18.53	22.32	22.29

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	18.92	15.94	16.56	14.16
2	24.79	21.13	28.09	30.42

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	1.171	1.461	2.138
d.f.	3	18	17.48
Except when comparing means with the same level(s) of IRRIGATION			2.066

d.f. 18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	1.656	2.066	3.024
d.f.	3	18	17.48
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			2.922
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	5.270	4.341	6.367
d.f.	3	18	17.48
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			6.139
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: STEMS_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	1.812	8.5
BLOCKS.IRRIGATION	3	2.342	11.0
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	4.132	19.4

```

181 "Split-Plot Design."
182 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
183 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
184 COVARIATE "No Covariate"
185 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
186 LSDLEVEL=5] Br_LEAVES_M2

```

186.....

***** Analysis of variance *****

Variate: Br_LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	1.5860	0.5287	1.03	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	9.0563	9.0563	17.58	0.025
Residual	3	1.5451	0.5150	0.78	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	1.5042	0.5014	0.76	0.530
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	2.3983	0.7994	1.21	0.333
Residual	18	11.8438	0.6580		
Total	31	27.9337			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 3	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	1.61	s.e.
0.61				
BLOCKS 4	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	-1.45	s.e.
0.61				

***** Tables of means *****

Variate: Br_LEAVES_M2

Grand mean 2.70

IRRIGATION	1	2
	2.17	3.23

FERTILIZATION	1	2	3	4
	2.42	2.71	3.03	2.65

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	2.13	2.43	2.08	2.04
2	2.72	2.98	3.98	3.26

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.179	0.287	0.394
d.f.	3	18	20.32
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.406
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.254	0.406	0.558
d.f.	3	18	20.32
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.574
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.807	0.852	1.162
d.f.	3	18	20.32
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			1.205
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: Br_LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.257	9.5
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.359	13.3
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	0.811	30.0

```

187 "Split-Plot Design."
188 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
189 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
190 COVARIATE "No Covariate"
191 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
192 LSDLEVEL=5] FLOWER_M2

```


192.....

***** Analysis of variance *****

Variate: FLOWER_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	5.166	1.722	1.22	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	83.692	83.692	59.24	0.005
Residual	3	4.238	1.413	1.29	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	5.196	1.732	1.58	0.229
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	7.283	2.428	2.21	0.122
Residual	18	19.748	1.097		
Total	31	125.323			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-1.69	s.e.
0.79				
BLOCKS 3	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	2.38	s.e.
0.79				

***** Tables of means *****

Variate: FLOWER_M2

Grand mean 1.81

IRRIGATION	1	2
	0.19	3.42

FERTILIZATION	1	2	3	4
	1.92	1.12	2.16	2.02

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	0.76	0.00	0.00	0.00
2	3.08	2.25	4.32	4.05

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.297	0.370	0.542
d.f.	3	18	17.46
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.524
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.420	0.524	0.767
d.f.	3	18	17.46

Except when comparing means with the same level(s) of
IRRIGATION 0.741
d.f. 18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	1.337	1.100	1.615
d.f.	3	18	17.46

Except when comparing means with the same level(s) of
IRRIGATION 1.556
d.f. 18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: FLOWER_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.464	25.7
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.594	32.9
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	1.047	58.0

```

193 "Split-Plot Design."
194 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
195 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
196 COVARIATE "No Covariate"
197 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
198 LSDLEVEL=5] D_LEAVES_M2

```

198.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	0.8556	0.2852	2.04	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	1.2718	1.2718	9.11	0.057
Residual	3	0.4186	0.1395	0.90	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	0.6427	0.2142	1.38	0.281
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	1.7491	0.5830	3.76	0.030
Residual	18	2.7935	0.1552		
Total	31	7.7314			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 1	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	0.827	s.e.
0.295				
BLOCKS 2	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 4	-0.905	s.e.
0.295				

***** Tables of means *****

Variate: D_LEAVES_M2

Grand mean 1.504

IRRIGATION	1	2
	1.304	1.703

FERTILIZATION	1	2	3	4
	1.590	1.306	1.441	1.677

IRRIGATION FERTILIZATION	1	2	3	4
1	1.654	1.111	1.347	1.106
2	1.527	1.502	1.536	2.248

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0934	0.1393	0.1945
d.f.	3	18	19.76
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.1970
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.1321	0.1970	0.2750
d.f.	3	18	19.76
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.2786
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.4203	0.4138	0.5741
d.f.	3	18	19.76
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.5852
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.1888	12.6
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.1868	12.4
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	0.3939	26.2

```

199 "Split-Plot Design."
200 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
201 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
202 COVARIATE "No Covariate"
203 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
204 LSDLEVEL=5] D_STEMS_M2

```

204.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_STEMS_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	13.144	4.381	1.44	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	76.967	76.967	25.24	0.015
Residual	3	9.148	3.049	1.93	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	19.146	6.382	4.04	0.023
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	18.461	6.154	3.89	0.026
Residual	18	28.452	1.581		
Total	31	165.318			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 3 IRRIGATION 2 FERTILIZATION 3 1.95 s.e.
 0.94

***** Tables of means *****

Variate: D_STEMS_M2

Grand mean 8.35

IRRIGATION	1	2			
	6.80	9.90			
FERTILIZATION	1	2	3	4	
	8.71	7.10	9.18	8.41	
IRRIGATION FERTILIZATION		1	2	3	4
1		7.93	6.29	6.99	5.99
2		9.48	7.91	11.38	10.82

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.437	0.445	0.698
d.f.	3	18	13.96
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.629
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.617	0.629	0.987
d.f.	3	18	13.96
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.889
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	1.965	1.321	2.117
d.f.	3	18	13.96
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			1.868
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_STEMS_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.740	8.9
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.873	10.5
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	1.257	15.1

```

205 "Split-Plot Design."
206 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
207 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
208 COVARIATE "No Covariate"
209 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
210 LSDLEVEL=5] D_Br_LEAVES_M2

```

210.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_Br_LEAVES_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	0.2602	0.0867	0.92	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	1.2328	1.2328	13.02	0.037
Residual	3	0.2840	0.0947	0.72	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	0.3496	0.1165	0.89	0.466
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	0.5181	0.1727	1.32	0.300
Residual	18	2.3603	0.1311		
Total	31	5.0050			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 3	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	0.598	s.e.
0.272				
BLOCKS 4	IRRIGATION 2	FERTILIZATION 3	-0.729	s.e.
0.272				

***** Tables of means *****

Variate: D_Br_LEAVES_M2

Grand mean 1.235

IRRIGATION	1	2			
	1.039	1.431			
FERTILIZATION	1	2	3	4	
	1.252	1.205	1.387	1.096	
IRRIGATION FERTILIZATION		1	2	3	4
1		0.967	1.185	1.042	0.961
2		1.538	1.225	1.731	1.231

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION
			FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.0769	0.1280	0.1747
d.f.	3	18	20.56
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.1811
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.1088	0.1811	0.2470
d.f.	3	18	20.56
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.2561
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.3462	0.3804	0.5143
d.f.	3	18	20.56
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.5380
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_Br_LEAVES_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.1041	8.4
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.1538	12.5
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	0.3621	29.3

```

211 "Split-Plot Design."
212 BLOCK BLOCKS/IRRIGATION/FERTILIZATION
213 TREATMENTS IRRIGATION*FERTILIZATION
214 COVARIATE "No Covariate"
215 ANOVA [PRINT=aovtable,information,means,%cv; FACT=32;
FPROB=yes; PSE=diff,lsd,means;\
216 LSDLEVEL=5] D_FLOWER_M2

```


216.....

***** Analysis of variance *****

Variate: D_FLOWER_M2

Source of variation	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
BLOCKS stratum	3	0.6096	0.2032	1.03	
BLOCKS.IRRIGATION stratum					
IRRIGATION	1	11.0640	11.0640	55.86	0.005
Residual	3	0.5941	0.1980	1.42	
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION stratum					
FERTILIZATION	3	1.0263	0.3421	2.46	0.096
IRRIGATION.FERTILIZATION	3	1.2390	0.4130	2.97	0.060
Residual	18	2.5062	0.1392		
Total	31	17.0392			

* MESSAGE: the following units have large residuals.

BLOCKS 3 IRRIGATION 2 FERTILIZATION 3 0.906 s.e.
 0.280

***** Tables of means *****

Variate: D_FLOWER_M2

Grand mean 0.638

IRRIGATION	1	2			
	0.050	1.226			
FERTILIZATION	1	2	3	4	
	0.648	0.353	0.841	0.712	
IRRIGATION FERTILIZATION		1	2	3	4
1		0.202	0.000	0.000	0.000
2		1.095	0.705	1.682	1.423

*** Standard errors of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
e.s.e.	0.1113	0.1319	0.1962
d.f.	3	18	16.65
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.1866
d.f.			18

*** Standard errors of differences of means ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
s.e.d.	0.1573	0.1866	0.2774
d.f.	3	18	16.65
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.2639
d.f.			18

*** Least significant differences of means (5% level) ***

Table	IRRIGATION	FERTILIZATION	IRRIGATION FERTILIZATION
rep.	16	8	4
l.s.d.	0.5007	0.3920	0.5863
d.f.	3	18	16.65
Except when comparing means with the same level(s) of			
IRRIGATION			0.5543
d.f.			18

***** Stratum standard errors and coefficients of variation *****

Variate: D_FLOWER_M2

Stratum	d.f.	s.e.	cv%
BLOCKS	3	0.1594	25.0
BLOCKS.IRRIGATION	3	0.2225	34.9
BLOCKS.IRRIGATION.FERTILIZATION	18	0.3731	58.4